

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 957 500 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
17.11.1999 Bulletin 1999/46

(51) Int Cl.⁶: H01H 71/10, H01H 9/40

(21) Application number: 99410042.8

(22) Date of filing: 29.04.1999

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventors:
• Rival, Marc
38050 Grenoble cedex 09 (FR)
• Morel, Robert
38050 Grenoble cedex 09 (FR)

(30) Priority: 12.05.1998 FR 9806206

(74) Representative: Ritzenthaler, Jacques
Schneider Electric SA,
Service Propriété Industrielle - A7
38050 Grenoble Cédex 09 (FR)

(71) Applicant: Schneider Electric Industries SA
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(54) Circuit breaker of which at least one phase having a plurality of pole compartments in parallel connection

(57) Un disjoncteur (10) comporte une pluralité de compartiments polaires juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et au moins une paire d'organes de contact (28, 32) séparables comportant au moins un organe de contact mobile (32), au moins deux desdits compartiments polaires étant contigus et séparés l'un de l'autre par une cloison (24). La cloison

(24) de séparation des pôles jumelés comporte une lumière (68) de communication de dimensions et d'emplacement tels qu'elle est apte à influencer sensiblement sur la répartition de l'énergie d'arc entre les deux compartiments lorsque ceux-ci sont branchés en parallèle. On obtient ainsi un disjoncteur à pouvoir de coupure élevé à partir d'un disjoncteur multipolaire standard de moindre pouvoir de coupure.

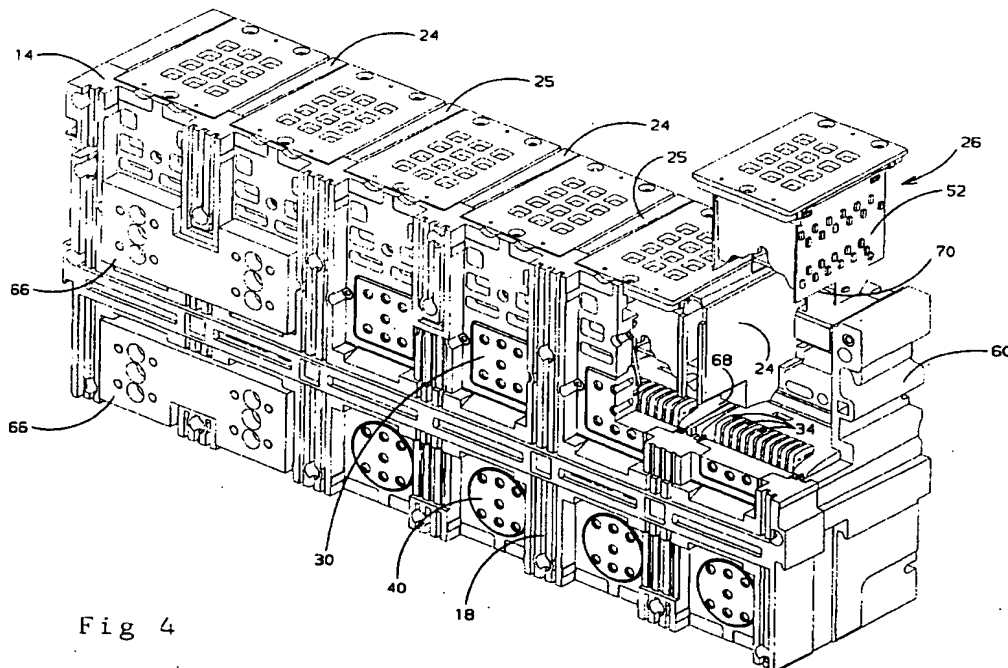


Fig 4

EP 0 957 500 A1

Description

[0001] L'invention concerne un disjoncteur dont une phase au moins est constituée par plusieurs pôles montés en parallèles.

[0002] Le calibre d'un disjoncteur, c'est-à-dire la valeur du courant nominal du disjoncteur, est, pour un boîtier de dimension prédéterminée, déterminé par le choix des pôles, c'est-à-dire essentiellement par les dimensions de la cuivrie associée au pôle.

[0003] Il est souhaitable de pouvoir élargir une gamme de disjoncteurs en associant des disjoncteurs comportant un certain nombre de pôles standards de manière à obtenir, pour un surcoût minimal, un disjoncteur de calibre supérieur à celui des pôles conventionnels qui le composent. Dans ce but, il a été proposé, dans le document EP-A-0 320 412, de connecter en parallèle deux pôles adjacents d'un disjoncteur standard. Au moins une phase du disjoncteur est alors constituée par deux pôles, chacun comportant un contact fixe prolongé par une plage de contact faisant saillie à l'extérieur du boîtier, un contact mobile connecté par un conducteur souple à une seconde plage de contact saillant à l'extérieur du châssis, et une chambre d'extinction d'arc. Une barrette de raccordement est fixée aux plages de contact des contacts fixes des deux pôles et une autre aux plages de contact des contacts mobiles, assurant ainsi le jumelage des deux pôles.

[0004] L'expérience montre toutefois que lors d'une coupure dans ces conditions, le courant d'arc ne se divise pas uniformément entre les deux pôles jumelés. Très vite, le courant d'arc ne subsiste en effet que dans l'une des deux chambres de coupure. Si le pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné au disjoncteur reste identique à celui du disjoncteur standard d'origine, ce phénomène n'a pas d'inconvénient. Par contre, si l'on recherche un pouvoir de coupure plus élevé, l'énergie d'arc devient trop importante pour une seule chambre. La construction en pôles jumelés de l'état de la technique s'avère donc inadaptée à la fabrication d'un disjoncteur dont le pouvoir de coupure soit plus élevé que celui des disjoncteurs individuels qui le composent. C'est pourquoi les disjoncteurs à pouvoir de coupure élevé de l'état de la technique n'utilisent pas des chambres standards montées en parallèle.

[0005] Un objectif de l'invention est donc d'élargir une gamme de disjoncteur de manière à former, à partir de disjoncteurs existants, un disjoncteur de calibre et de pouvoir de coupure plus élevés que les disjoncteurs individuels qui le composent, avec un nombre minimal de modifications. Un autre objectif est d'augmenter le pouvoir de coupure d'un disjoncteur à pôles jumelés.

[0006] Ces objectifs sont atteints selon un premier aspect de l'invention grâce à un disjoncteur comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc et une paire d'organes de

contact séparables, chaque organe de contact d'un des compartiment étant connecté électriquement en parallèle avec un organe de contact correspondant de l'autre compartiment ou susceptible de l'être, disjoncteur qui comporte des moyens de répartition de l'énergie d'arc dans les deux compartiments, comprenant au moins une lumière de communication entre les deux compartiments contigus, disposée dans la cloison. En d'autres termes, lorsqu'on compare les performances d'ouverture des compartiments branchés en parallèle avec et sans lumière, la répartition de l'énergie d'arc entre les deux chambres est sensiblement plus équilibrée lorsque la lumière existe que lorsqu'elle est absente.

[0007] Selon un deuxième aspect de l'invention, ces objectifs sont atteints avec un disjoncteur comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc et une paire d'organes de contact séparables, le disjoncteur comportant également un mécanisme de commande lié aux organes de contact séparables des deux compartiments de façon telle que leur séparation soit simultanée ou quasi simultanée, les organes de contact correspondants dans chaque compartiment étant connectés électriquement en parallèle de façon à constituer un pôle unique de pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour une tension assignée V_{cu} et un facteur de puissance k_{cu} correspondants donnés, caractérisé en ce que ladite cloison comporte au moins une lumière de communication entre les deux compartiments contigus, de dimensions et d'emplacement tels que, lorsque le pôle est globalement traversé par un courant d'intensité égale à 50% de son pouvoir de coupure ultime I_{cu} , pour la tension V_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} , le rapport entre l'énergie d'arc dans celui des compartiments le moins sollicité et l'énergie d'arc dans l'autre compartiment, est supérieur à 1/6, l'énergie d'arc étant mesurée pour chaque compartiment par l'intégrale

$$W = \int_{t_0}^t v(t) \cdot i(t) dt$$

où

$v(t)$ est la valeur instantanée de la tension aux bornes des organes de contact

$i(t)$ est la valeur instantanée de l'intensité du courant traversant les organes de contact

t_0 est l'instant où débute la séparation des organes de contact

t_4 est l'instant où s'annule définitivement l'intensité du courant traversant les organes de contact.

[0008] Les phénomènes physiques engendrés par la lumière dans la paroi séparant les deux compartiment sont complexes. La présence de la lumière a tout

d'abord un aspect thermodynamique: les gaz ionisés chauds à haute pression engendrés dans le compartiment dont l'arc est le plus important, pénètrent dans l'autre compartiment. Ce mouvement de particules a divers effets dont certains vont dans le sens souhaité et d'autres non. D'un point de vue énergétique, les gaz chauds ayant migré disposent des séparateurs de la chambre la plus froide pour se refroidir, ce qui est bénéfique. D'un point de vue électrique, la présence de gaz ionisé dans le compartiment dont l'arc faiblit ou s'éteint a tendance à ranimer celui-ci. D'un point de vue aérodynamique par contre, les déplacements gazeux et éventuellement les ondes de pression d'un compartiment à l'autre peuvent influencer sur le déplacement du pied d'arc, et l'allongement de l'arc dans chaque compartiment, avec un risque d'entraver le déplacement de l'arc vers la chambre d'extinction sous l'effet des forces électrodynamiques. Or ce phénomène électrodynamique, appelé soufflage, est primordial pour la réalisation de la coupure, et sa dégradation n'est pas souhaitable. De même, du point de vue de l'évolution des pressions dans les deux compartiments, l'orifice paraît également contre-productif. En effet, on assiste à une diminution de la pression dans le compartiment dont l'arc est le plus important et à une augmentation de la pression dans l'autre compartiment. Or la théorie indique qu'une pression élevée favorise une diminution de section droite de la colonne d'arc, donc une élévation de sa résistance électrique et de la tension d'arc. C'est d'ailleurs une des principales raisons d'être des chambres d'extinction d'arc qui, en réalisant un confinement de l'arc, permettent une élévation considérable de la pression dans laquelle celui-ci se trouve. Diminuer la pression dans le compartiment dont l'arc est le plus important, c'est donc diminuer la tension de l'arc et favoriser son maintien.

[0009] Globalement, de manière surprenante et non prévisible, il s'avère possible de positionner et de calibrer la lumière de façon à ce qu'il y ait des réamorçages mutuels des deux arcs pendant la coupure, ce qui permet de répartir l'énergie d'arc sur les deux chambres dans des proportions significatives, et assure globalement une capacité d'absorption plus grande. Naturellement la répartition énergétique n'est pas parfaitement équilibrée, mais l'important est que l'énergie dissipée dans chaque compartiment soit d'un même ordre de grandeur, c'est-à-dire dans une proportion meilleure que 1 pour 10. En pratique, elle est de l'ordre de 1/3 à 2/3. Ceci est suffisant pour soulager le pôle le plus éprouvé par l'arc et augmenter le pouvoir de coupure de l'ensemble des deux compartiments par rapport à un compartiment unique.

[0010] Préférentiellement, la lumière est située à proximité de la zone où s'étire l'arc dans la phase de séparation des organes de contact. Cette disposition offre l'avantage de limiter au mieux le risque de détérioration des organes de contact. En effet, elle assure que la répartition de l'énergie d'arc soit effective très tôt dans la phase d'ouverture des organes de contact. Par ail-

leurs, il est à souligner que lors de l'expansion de l'arc dans la chambre de coupure, les lamelles de déionisation sont soumises à des efforts électromagnétiques importants perpendiculairement à leur plan principal, ce qui tend à les déformer. Ce phénomène est un obstacle à l'élargissement de la chambre de coupure. En pratique, les lamelles utilisées pour les chambres de coupure de larges dimensions sont plus rigides - donc pour un matériau donné, plus épaisses - et sont disposées à plus grande distance les unes des autres, pour éviter un contact lors des déformations. Ceci a pour conséquence que la hauteur de la chambre augmente avec sa largeur. Selon ce mode préférentiel de l'invention, c'est-à-dire en dimensionnant l'orifice de communication de telle manière que la cloison de séparation conserve sa fonction de support, il devient possible d'élargir la chambre sans modifier ses autres dimensions.

[0011] Selon un mode préférentiel, la chambre d'extinction d'arc, dans chacun des compartiments contigus, a une embouchure s'ouvrant du côté des organes de contact, cette embouchure étant délimitée sur l'un de ses bords par une corne d'arc inférieure destinée à réceptionner le pied de l'arc électrique à son entrée dans la chambre, la lumière étant disposée et dimensionnée de telle manière que les cornes d'arc inférieures dans les compartiments contigus se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière. Cette disposition donne des résultats très satisfaisants. Suivant une disposition complémentaire, l'embouchure de la chambre d'extinction d'arc s'ouvrant du côté des organes de contact dans chacun des compartiments contigus, est délimitée sur un bord opposé à la corne d'arc inférieure par une corne d'arc supérieure, la lumière étant disposée et dimensionnée de telle manière que les zones situées entre la corne d'arc inférieure et la corne d'arc supérieure de chaque compartiment se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière.

[0012] De même, la répartition est bonne lorsque la lumière débouche dans chaque compartiment à proximité de la zone de contact des paires d'organes de contact séparables.

[0013] Suivant un mode de réalisation préférentiel, les dimensions de la lumière sont telles que la partie des organes de contact mobiles de chaque compartiment sur laquelle est localisée la tête de l'arc électrique lors de la séparation des organes de contact, est en regard de la partie correspondante de l'organe de contact mobile dans l'autre compartiment, à la fois en position fermée et en position ouverte.

[0014] Pour les disjoncteur dont les paires d'organes de contact séparables comportent un organe de contact fixe, il peut être avantageux que la lumière débouche dans chaque compartiment à proximité de l'organe de contact fixe.

[0015] Il est toujours préférable que les parois de la lumière aient une tenue diélectrique élevée.

[0016] D'autres avantages et caractéristiques de l'in-

vention ressortiront de la description qui va suivre de différents modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 représente une vue en perspective éclatée d'un disjoncteur selon l'invention
- la figure 2 représente une coupe longitudinale du disjoncteur de la figure 1, suivant un plan médian d'un pôle jumelé du disjoncteur
- la figure 3 représente une vue éclatée d'une chambre d'extinction d'arc d'un pôle du disjoncteur selon l'invention.
- la figure 4 représente une vue en perspective partiellement éclatée d'un compartiment postérieur du disjoncteur de la figure 1, montrant plus particulièrement un orifice de communication entre deux pôles jumelés selon l'invention
- la figure 5 représente une coupe transversale montrant deux pôles jumelés
- la figure 6 représente un dispositif expérimental permettant d'évaluer une énergie d'arc lors de l'ouverture des pôles jumelés
- la figure 7 représente différentes courbes caractéristiques de la coupure.

[0017] En référence aux figures 1 et 2, un disjoncteur 10 hexapolaire comporte un boîtier isolant formé par l'assemblage d'un socle postérieur 12, d'un châssis intermédiaire 14 à fonds ouverts et d'une face avant 16, qui délimitent un compartiment postérieur et un compartiment antérieur de part et d'autre d'une cloison antérieure 18 du châssis intermédiaire 14. Dans le compartiment antérieur est logé un mécanisme de commande 20 du disjoncteur 10, qui agit sur un arbre de commutation 22 commun à l'ensemble des pôles du disjoncteur. Ce mécanisme 20 est rapporté sur la cloison antérieure 18 du châssis intermédiaire 14. Le compartiment postérieur est lui-même subdivisé en compartiments élémentaires par des cloisons intercalaires 24, 25 (cf. figure 4) du châssis intermédiaire 14. Dans chaque compartiment élémentaire est logé un pôle du disjoncteur. Chaque pôle comporte un dispositif de contacts séparables ainsi qu'une chambre d'extinction d'arc 26.

[0018] Le dispositif de contacts séparables comporte un organe de contact fixe 28 directement supporté par une première plage de raccordement 30 du disjoncteur traversant le socle 12 du boîtier isolant, et un organe de contact mobile 32. Celui-ci est doté d'une pluralité de doigts de contacts 34 en parallèle montés à pivotement sur un premier axe transversal 36 d'une cage de support 38. Le talon de chaque doigt est connecté à une deuxième plage de raccordement 40 traversant le socle 12, par l'intermédiaire d'une tresse 42 en matériau conducteur. Les plages de raccordement 30, 40 sont destinées à être raccordées au réseau amont et aval, par exemple à travers un jeu de barres. L'extrémité de la cage 38

située à proximité de la deuxième plage de raccordement 40 est équipée d'un axe logé dans un palier solide du boîtier isolant, de façon à autoriser le pivotement de la cage 38 entre une position ouverte et une position fermée du pôle autour d'un axe géométrique 44 matérialisé sur la figure 2. Un dispositif à ressorts de pression de contact 46 est disposé dans une encoche de la cage 38 et sollicite les doigts de contact 34 en pivotement autour du premier axe 36 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Chaque doigt de contact 34 comporte une pastille de contact 47 qui, dans la position représentée sur la figure 2, est en contact avec une pastille unique 49 disposée sur l'organe de contact fixe 28. La cage 38 est accouplée à l'arbre de commutation 22 par une bielle de transmission 48 de telle sorte que la rotation de l'arbre 22 induise un pivotement de la cage 38 autour de l'axe 44.

[0019] La structure de la chambre d'extinction d'arc 26 est plus particulièrement visible sur la figure 3. La chambre comporte un empilement de lamelles 50 métalliques de déionisation de l'arc électrique assemblé sur un support isolant comportant deux joues latérales 52. La face interne de chaque joue 52 est pourvue d'encoches coopérant avec des aspérités complémentaires des lamelles pour le positionnement de celles-ci. De la même manière est assuré le positionnement d'une corne d'arc supérieure 54. Une paroi externe 56 composite est disposée sensiblement perpendiculairement aux joues latérales et aux lamelles de déionisation. Cette paroi constitue un cadre pour l'assemblage des joues latérales. Elle comporte des orifices d'échappement pour l'évacuation des gaz de coupure, et un empilement de filtres intermédiaires 58 destinés à limiter la pollution du milieu extérieur.

[0020] On voit sur la figure 4 comment la chambre d'extinction d'arc 26 vient s'insérer dans l'un des compartiments élémentaires du disjoncteur, ici un compartiment latéral délimité par une cloison intercalaire 24 et une des cloisons latérales externes 60 du châssis intermédiaire 14. Cette construction permet la vérification de l'état des pôles du disjoncteur et le remplacement de la chambre d'extinction 26 avec un nombre réduit de manipulations.

[0021] Le dispositif d'extinction est complété par une corne de guidage d'arc inférieure 62, fixée au socle 12 et connectée électriquement à l'organe de contact fixe 28 du pôle, qui délimite vers le bas l'entrée de la chambre d'extinction 26. Le contact fixe 28 a, dans la zone directement en regard de l'extrémité frontale des doigts 34 de l'organe de contact mobile 32, un rebord profilé 64 approximativement complémentaire du profil des doigts 34, remontant vers la protubérance de la corne inférieure 62 pour assurer globalement avec celle-ci un profil sans rupture notable de pente. Cette zone du contact fixe, dite pare-étincelles, permet d'éliminer les risques de détérioration des pastilles de contact 47 et 49. En effet, lors de l'ouverture des organes de contact, le mouvement initial de pivotement de la cage 38 autour

de son axe 44 - dans le sens horaire sur la figure 2 - provoque un pivotement des doigts mobile 34 autour de leur axe 36 dans le sens contraire. Dans cette phase initiale, ce mouvement conjugué entraîne un rapprochement de la partie frontale des doigts 34 et du pare-étincelles et une entrée en contact, avant que les pastilles de contact 47, 49 ne se séparent. Lorsque la séparation des pastilles 47, 49 a lieu, les doigts 34 sont dans une position telle que l'écartement entre les pastilles 47, 49 croît plus rapidement que l'écartement entre la corne inférieure 62 et les doigts 34 du contact mobile 32. Par conséquent, l'arc est tiré initialement entre le pare-étincelles et l'extrémité frontale des doigts 34, et migre immédiatement pour venir s'implanter entre la protubérance de la corne 62 et la partie frontale des doigts 34, en évitant tout déplacement de l'arc vers les pastilles 47, 49 ou tout amorçage au niveau de celles-ci. Lorsque l'ouverture se poursuit, l'arc s'étend devant la chambre et y pénètre de la manière habituelle.

[0022] Les pôles du disjoncteur 10 sont jumelés deux à deux de manière à former trois groupes de deux pôles adjacents. On entend par jumelage le branchement électrique en parallèle des organes de contact fixes 28 des deux pôles d'une part et des organes de contact mobiles 32 des deux pôles de l'autre. En pratique, ce jumelage se fait hors du boîtier, au niveau des extrémités libres des plages de raccordement 30, 40 des contacts à raccorder, par interposition de deux barrettes de raccordement 66 visibles pour l'un de pôles sur la figure 4, ces deux barrettes étant fixées par chacune de leurs extrémités à une partie correspondante de chaque plage 30, 40, saillant hors du boîtier.

[0023] Les trois cloisons intercalaires 24 séparant deux compartiments jumelés diffèrent des deux autres cloisons intercalaires 25 en ce qu'elles comportent une lumière de communication 68 de section sensiblement rectangulaire, comme on le voit sur les figures 2, 4 et 5. Cette lumière se situe au voisinage de la zone de contact, au niveau de l'entrée dans la chambre d'extinction. Elle est disposée de telle manière que les cornes d'arc inférieures 62 des deux pôles jumelés soient en regard l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière. Dans le sens de la hauteur, mesurée suivant un axe perpendiculaire au socle 12, la lumière 68 s'étend sensiblement jusqu'à la hauteur des cornes supérieures 54. Dans le sens de la longueur, mesurée suivant un axe perpendiculaire à l'axe précédant et à l'axe de pivotement 44 de l'organe de contact mobile 32, la lumière s'étend de part et d'autre de l'entrée dans la chambre 26. En définitive, les entrées des deux chambres d'extinction 26 ne sont pratiquement pas séparées par la cloison intercalaire 24. Il est ainsi possible de définir une embouchure d'entrée commune aux deux chambres d'extinction 26, qui se matérialise, dans une section droite perpendiculaire à l'axe longitudinal, par un orifice commun sensiblement rectangulaire dont le rebord est défini en suivant le rebord de la corne supérieure 54 de l'un des pôles, le rebord de la corne supérieure 54 du pôle jume-

lé, une partie de la paroi de la cloison intermédiaire 25 sans lumière de ce pôle jumelé, le rebord supérieur protubérant de la corne inférieure 62 du pôle jumelé, le rebord correspondant de la corne inférieure 62 du premier pôle et une partie de la paroi de la cloison intermédiaire 25 sans lumière - ou de la cloison latérale externe 60, suivant le cas - du premier pôle. Comme on le voit particulièrement sur les figures 2 à 4, les joues latérales 52 des chambres d'extinction 26 ont une découpe 70 correspondant à la lumière 68 de la cloison intermédiaire 24 séparant les pôles jumelés. La face des joues latérales 52 de chaque chambre d'extinction 26 en regard de la cloison intermédiaire 24, 25 adjacente, est accolée sur toute sa surface à la cloison.

[0024] Le disjoncteur fonctionne de la manière suivante: lors de l'apparition d'un courant de défaut détecté par un déclencheur, le mécanisme de commande 20 provoque l'ouverture du disjoncteur par pivotement de l'arbre de commutation 22 qui entraîne l'ensemble des cages 38 des organes de contact mobiles 32 vers leur position d'ouverture. Le pivotement initial des cages 38 provoque le basculement en sens inverse des doigts de contact 34. Un contact fugitif s'établit entre la face frontale des doigts 34 et le pare-étincelles, avant que les pastilles de contact 47, 49 ne se séparent. Ce contact fugitif dure suffisamment longtemps après la séparation des pastilles 47, 49 pour que le courant s'établisse entre les doigts de contact 34 et le pare-étincelles. La poursuite du mouvement de la cage 38, entraîne la séparation des doigts de contact 34 et du pare-étincelles. Une racine d'arc prend naissance sur le pare-étincelles et migre rapidement sur la corne inférieure 62 sous l'effet des forces électrodynamiques, alors que la tête d'arc s'établit sur la partie frontale des doigts 34. En fin de course d'ouverture de l'organe de contact mobile 32, l'arc commute des doigts 34 de l'organe de contact mobile sur la corne supérieure 54; à ce moment, un arc est accroché entre la corne inférieure 62 et la corne supérieure 54. Il s'avère que l'on n'assiste pas simultanément au même phénomène sur le pôle jumelé: en effet, celui-ci ne voit pas immédiatement l'établissement d'un arc semblable à celui du premier pôle. L'ensemble du courant circule dans l'arc d'un seul des deux compartiments. Toutefois, la présence de la lumière de communication 68 entre les deux compartiments permet à l'arc de s'amorcer par claquage et de se développer avec un léger retard dans le compartiment déficient. Il y a donc répartition du courant et de l'énergie d'arc entre les deux compartiments.

[0025] Des essais comparatifs, illustrés par les figures 6 et 7, ont permis de démontrer l'efficacité du dispositif selon l'invention. Un courant présumé d'une valeur efficace de 130 kA (soit environ 270 kA crête pour un enclenchement de type asymétrique avec un facteur de puissance 0,2) a été délivré à deux pôles de calibre 3200 A, ayant un pouvoir de coupure ultime de 100 kA, montés en parallèle. Comme l'illustre la figure 6, l'intensité instantanée du courant circulant dans chaque pôle

a été mesurée par des ampèremètres 72, 74, et la tension aux bornes des pôles par un voltmètre 76. Les valeurs instantanées mesurées ont été acheminées jusqu'à une unité de calcul 78 permettant le calcul des intégrales énergétiques caractéristiques de chaque branche. La figure 7 représente les courbes caractéristiques de la coupure en fonction du temps t , à savoir: le courant total $i_A + i_B$ passant dans les deux branches A et B du circuit, la tension v aux bornes communes des deux pôles jumelés, l'intensité du courant dans chacune des deux branches et la distance d entre l'organe de contact mobile et l'organe de contact fixe. Avant l'instant t_0 , les pôles étaient fermés. Le courant se répartissait substantiellement par moitié dans chaque pôle, soit 135 kA crête par pôle. L'ouverture a été déclenchée à l'instant t_0 . Dans le premier pôle A, l'arc électrique est apparu dès t_0 et s'est maintenu après l'instant t_1 de passage du courant par 0. Dans le deuxième pôle B, l'arc électrique est apparu à t_0 mais s'est éteint au passage du courant par 0. Entre les instants t_1 et t_2 , le courant n'a traversé que le pôle A. L'instant t_2 marque le réamorçage de l'arc électrique dans le pôle B, ce dont atteste la réapparition d'un courant dans cette branche du circuit. Entre les instants t_2 et t_3 , l'arc existe simultanément dans les deux pôles qui sont tous deux traversés par un courant. A t_2 , la tension d'arc a légèrement décrie avant de recommencer à croître en valeur absolue. L'intensité du courant dans le pôle B est restée en valeur absolue toujours inférieure à celle du pôle A. L'annulation du courant au bout d'un temps t_3 dans le pôle B atteste de l'extinction de l'arc dans ce compartiment. A l'instant t_4 , le courant s'est également annulé dans le compartiment A attestant de l'extinction de l'arc. La tension d'arc a continué de croître en valeur absolue sans que le courant renaisse. La coupure a eu lieu en moins d'une demi période. L'énergie d'arc, évaluée par l'intégrale W du produit du courant $i(t)$ par la tension $v(t)$ entre t_0 et t_4 dans chacune des deux branches du circuit, montre qu'approximativement 2/3 de l'énergie a été dissipée dans le compartiment A et 1/3 dans le compartiment B. On peut d'ailleurs lire directement ce résultat sur les courbes de la figure 7, dans lesquelles les aires délimitées par les courbes d'intensité du courant dans les branches A et B sont approximativement représentatives des énergies d'arc dans chacune des branches, si l'on remarque que la tension d'arc est commune aux deux branches et sensiblement constante.

[0026] Dans des conditions analogues, avec un disjoncteur ne différant du précédent que par l'absence de lumière dans la cloison intercalaire, l'arc est né dans les deux compartiments, mais s'est éteint dans l'un des deux lors du premier passage du courant par 0. Par la suite, il ne s'est développé que dans l'un des deux compartiments. L'arc s'est éteint lors du deuxième passage du courant par 0 mais il y a eu réamorçage quasi instantané. La coupure a échoué et l'essai a abouti à la destruction du pôle où l'arc s'était développé. Ceci tient au fait que le courant appliqué était supérieur au pouvoir

de coupure ultime de chaque compartiment et que la répartition énergétique entre les deux compartiments était très médiocre, en pratique inférieure à 1/10.

[0027] Si l'on se place dans des conditions d'essai avec un courant d'intensité inférieure au pouvoir de coupure ultime du disjoncteur sans lumière de communication, on obtient là encore une différence substantielle de comportement. L'essai suivant a été mené. En prenant pour référence l'ensemble constitué par les deux compartiments polaires branchés en parallèle de manière à ne constituer globalement qu'un seul pôle et comportant une lumière de communication, et en ce plaçant dans des conditions d'essai avec un courant d'intensité I égale à 50% du pouvoir de coupure ultime I_{cu} de ce pôle, pour la tension v_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} utilisés pour définir le pouvoir de coupure ultime I_{cu} , on a mesuré le rapport:

$$\frac{W_B}{W_A} = \frac{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_B(t) dt}{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_A(t) dt}$$

de l'énergie d'arc W_B dans la branche la moins sollicitée à l'énergie d'arc W_A dans la branche la plus sollicitée ($W_B \leq W_A$) entre l'instant t_0 où débute l'ouverture et l'instant t_4 où le courant s'annule définitivement dans le dernier compartiments. Pour un pôle selon l'invention, le rapport obtenu lors des essais a toujours été supérieur à 1/6. Pour un pôle constitué des compartiments semblables montés en parallèle mais sans lumière de communication, le rapport mesuré était au mieux de l'ordre de 0,1. Ceci signifie qu'en pratique, bien que l'arc naisse dans les deux compartiments, il s'éteint dans l'un d'eux au plus tard lors du premier passage à 0 du courant, et ne subsiste par la suite que dans l'autre compartiment. Etant données les conditions expérimentales favorables choisies, à savoir un courant appliqué inférieur au pouvoir de coupure ultime d'un compartiment seul, la coupure a bien lieu, mais elle met durement à l'épreuve le compartiment le plus sollicité.

[0028] Des essais comparatifs ont été effectués avec des lumières de différentes tailles et des lumières disposées à différents endroits. Les mesures ont été effectuées pour des valeurs de court-circuit de 130, 150 et 180 kA monophasé sous une tension alternative de 508 V avec un facteur de puissance d'environ 0,15.

[0029] Le rapport

$$\frac{W_B}{W_A} = \frac{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_B(t) dt}{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_A(t) dt}$$

des valeurs de l'énergie d'arc engendrée dans chacun des deux compartiments entre l'instant t_0 où débute l'ouverture et l'instant t_4 où le courant s'annule définitivement dans le dernier compartiment a été retenu comme indice de la répartition de l'énergie d'arc entre les deux compartiments et de l'efficacité du dispositif, la valeur idéale étant de 1.

[0030] L'expérience montre que l'efficacité du dispositif dépend de la localisation de la lumière dans la chambre. L'efficacité décroît lorsque la lumière est éloignée de la zone de contact. Les résultats les meilleurs ont été obtenus avec une lumière disposée de telle manière que, dans la phase d'ouverture des contacts, c'est-à-dire entre l'instant où le contact mobile quitte le contact fixe et l'instant où il atteint sa position haute, une partie au moins de l'arc, de préférence sa racine du côté du contact fixe, se trouve en face de l'ouverture de la lumière. C'est en effet à ce moment que la pression et le flux gazeux générés par l'arc sont le plus à même de se propager dans l'autre chambre. Si la lumière est déplacée vers l'intérieur de la chambre, l'arc ne l'atteint que plus tardivement, et à un instant où il est déjà refroidi, de sorte que les probabilités de claquage dans le compartiment jumelé sont plus faibles. De plus, cette configuration nuit à la rigidité de la chambre d'extinction. Si par contre la lumière est déplacée vers les pastilles, le claquage dans le compartiment jumelé risque de se produire au niveau des pastilles, ce qui contribue à endommager celles-ci.

[0031] L'efficacité varie également avec la taille de la section de la lumière. Une hauteur suffisante de la lumière peut être de l'ordre de la moitié de la distance entre la racine et la tête de l'arc à la fin de l'ouverture, c'est-à-dire, avec la structure des pôles adoptée pour l'expérience, la moitié de la distance entre la corne inférieure et la corne supérieure. Toutefois, cette disposition ne convient que pour des disjoncteurs à ouverture relativement lente et des courants relativement faibles (inférieurs à 150 kA). Pour des disjoncteurs d'ouverture plus rapide et des courants plus importants, il convient que la lumière soit suffisamment haute pour que la racine et la tête de l'arc soient en face de la lumière à l'instant où le contact mobile atteint sa position haute. En d'autres termes, le résultat est meilleur lorsque la partie des contacts mobiles où se trouve la tête d'arc est en regard de la partie correspondante du contact mobile du compartiment jumelé pendant tout le mouvement ascendant d'ouverture des contacts mobiles. En effet, ce n'est que lorsque l'énergie développée par l'arc est suffisamment importante, avec montée de la température et de la pression correspondantes, que le claquage donnant naissance à un arc dans le compartiment jumelé peut avoir lieu. Or, pour des paramètres d'essai extrêmes, et notamment une vitesse d'ouverture très élevée, ces conditions ne sont pas réunies avant la fin du mouvement ascendant des contacts mobiles. Il convient de souligner que l'effet souhaité ne se dégrade pas si l'on augmente la hauteur de la lumière au delà de la

hauteur maximale de l'arc. En pratique, la hauteur de la lumière est limitée par la présence de la corne supérieure, pour laquelle des ancrages latéraux sont nécessaires.

[0032] En ce qui concerne la largeur de la lumière, il convient de considérer que l'arc, du fait de l'effet de soufflage électrodynamique, tend à se déplacer vers la chambre. Les résultats sont donc meilleurs quand la lumière est assez large pour que l'ensemble de l'arc soit en face d'elle durant toute la phase d'ouverture. A titre indicatif, la largeur ne devrait pas descendre en dessous du tiers de la hauteur. Des résultats satisfaisants sont obtenus lorsque la largeur est de l'ordre de la moitié de la hauteur. En soi, une largeur plus importante ne détériore pas l'effet recherché. Toutefois, avec la structure de pôle décrite précédemment, la largeur de la lumière est limitée d'un côté par la présence de la chambre qui nécessite des joues de soutien latéral, et de l'autre par la présence des pastilles de contact qu'on souhaite préserver des risques de reclaquage de l'arc électrique.

[0033] Naturellement, une disposition des pôles différente peut amener à une localisation quelque peu différente. Notamment, si le pôle est dimensionné pour que l'arc naisse au niveau des pastilles de contact avant d'être soufflés vers la chambre, il devient utile que les pastilles de contact fixes soient en regard l'une de l'autre au travers de la lumière.

[0034] Naturellement, diverses modifications peuvent être effectuées dans le but d'améliorer encore la répartition de l'énergie d'arc. Par exemple, on peut envisager de connecter le contact mobile de chaque pôle jumelé avec le contact fixe de l'autre pôle jumelé. On peut également envisager de pourvoir l'orifice d'un clapet n'autorisant la communication entre chambres que lorsqu'est dépassée une certaine différence de pressions. On peut prévoir de conformer l'orifice en col évasé à ses extrémités, pour favoriser l'écoulement gazeux. Il peut également être utile de revêtir les rebords de la lumière d'un revêtement ayant une tenue diélectrique élevée, de manière à ne pas gêner le développement de l'arc. La forme rectangulaire de la section de la lumière retenue dans l'exemple décrit, peut être remplacée par une forme différente, du moment que sont suivis les critères dimensionnels retenus. On peut par exemple envisager une lumière de section oblongue ou elliptique, dont l'un des axes a une dimension correspondant à la largeur dans l'exemple ci-dessus, et l'autre axe a une dimension correspondant à la hauteur dans l'exemple.

Revendications

1. Disjoncteur (10) comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison (24) et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et une paire d'organes de contact (28, 32) séparables, chaque or-

gane de contact d'un des compartiment étant connecté électriquement en parallèle avec un organe de contact correspondant de l'autre compartiment, ou susceptible de l'être, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de répartition de l'énergie d'arc dans les deux compartiments, comprenant au moins une lumière (68) de communication entre les deux compartiments contigus, disposée dans la cloison (24).

2. Disjoncteur (10) comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison (24) et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et une paire d'organes de contact (28, 32) séparables, le disjoncteur comportant également un mécanisme de commande lié aux organes de contact séparables des deux compartiments de façon telle que leur séparation soit simultanée ou quasi simultanée, les organes de contact correspondants dans chaque compartiment étant connectés électriquement en parallèle de façon à constituer un pôle unique de pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour une tension assignée V_{cu} et un facteur de puissance k_{cu} correspondants donnés, caractérisé en ce que ladite cloison (24) comporte au moins une lumière (68) de communication entre les deux compartiments contigus, de dimensions et d'emplacement tels que lorsque le pôle est globalement traversé par un courant d'intensité égale à 50% de son pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour la tension V_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} , le rapport entre l'énergie d'arc dans celui des compartiments le moins sollicité et l'énergie d'arc dans l'autre compartiment est supérieur à 1/6, l'énergie d'arc étant mesurée pour chaque compartiment par l'intégrale

$$W = \int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i(t) dt$$

où

$v(t)$ est la valeur instantanée de la tension aux bornes des organes de contact
 $i(t)$ est la valeur instantanée de l'intensité du courant traversant les organes de contact
 t_0 est l'instant où débute la séparation des organes de contact
 t_4 est l'instant où s'annule définitivement l'intensité du courant traversant les organes de contact.

3. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la lumière (68) est située à proximité de la zone où s'étire l'arc dans

la phase de séparation des organes de contact (28, 32).

4. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que dans chacun des compartiments contigus, la chambre d'extinction d'arc (26) a une embouchure s'ouvrant du côté des organes de contact, cette embouchure étant délimitée sur l'un de ses bords par une corne d'arc inférieure (62) destinée à réceptionner le pied de l'arc électrique à son entrée dans la chambre (26), la lumière (68) étant disposée et dimensionnée de telle manière que les cornes d'arc inférieures (62) dans les compartiments contigus se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière (68).
5. Disjoncteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans chacun des compartiments contigus, l'embouchure de la chambre d'extinction d'arc (26) s'ouvrant du côté des organes de contact, est délimitée sur un bord opposé à la corne d'arc inférieure par une corne d'arc supérieure (54), la lumière (68) étant disposée et dimensionnée de telle manière que les zones situées entre la corne d'arc inférieure (62) et la corne d'arc supérieure (54) de chaque compartiment se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière (68).
6. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la lumière (68) débouche dans chaque compartiment à proximité de la zone de contact des paires d'organes de contact (28, 32) séparables.
7. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les dimensions de la lumière (68) sont telles que la partie des organes de contact mobiles (32) de chaque compartiment sur laquelle est localisée la tête de l'arc électrique lors de la séparation des organes de contact (28, 32) est en regard de la partie correspondante de l'organe de contact mobile (32) dans l'autre compartiment à la fois en position fermée et en position ouverte.
8. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les paires d'organes de contact (28, 32) séparables comportent un organe de contact fixe (28), la lumière (68) débouchant dans chaque compartiment à proximité de l'organe de contact fixe (28).
9. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les parois de la lumière (68) ont une tenue diélectrique élevée.

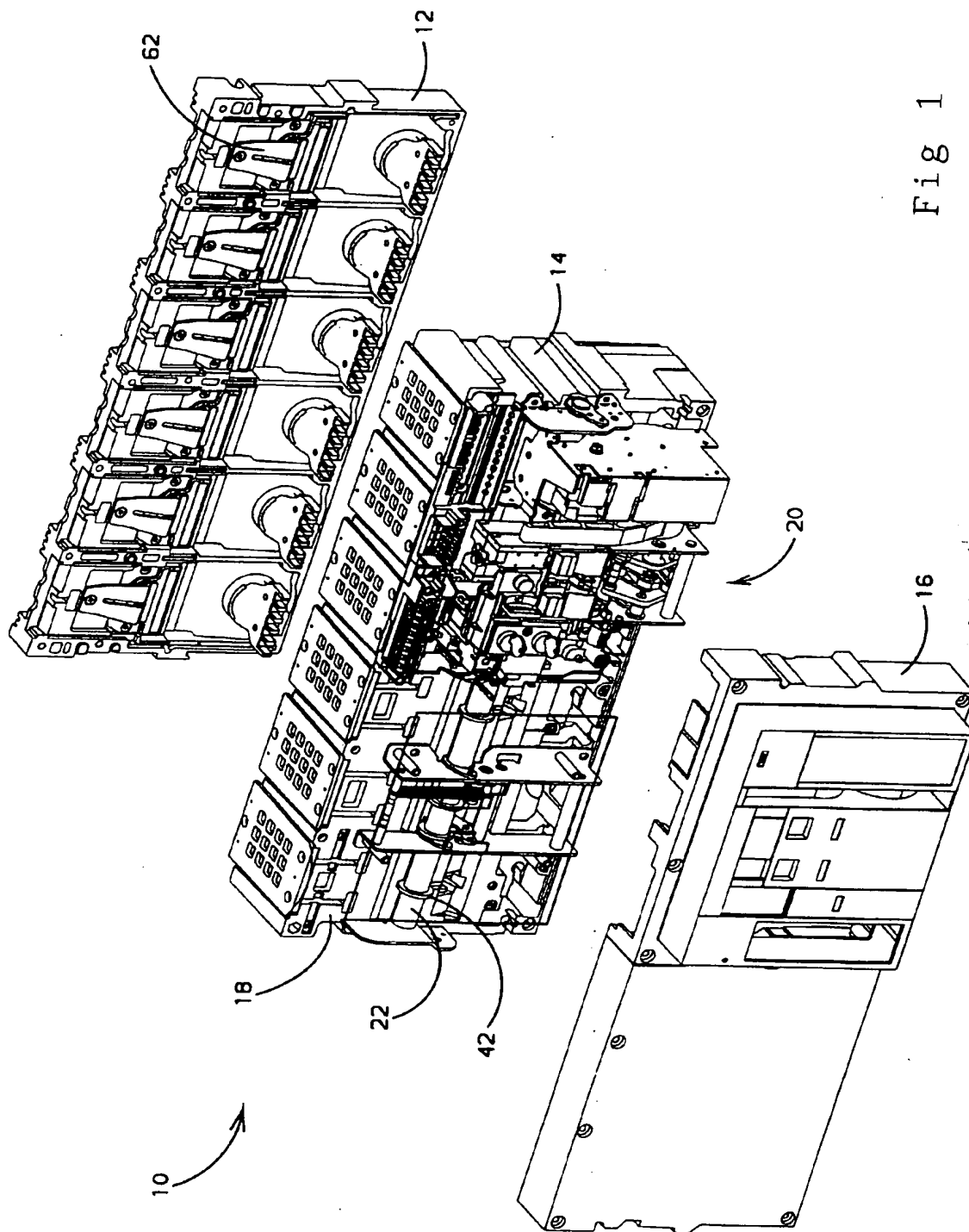


Fig 1

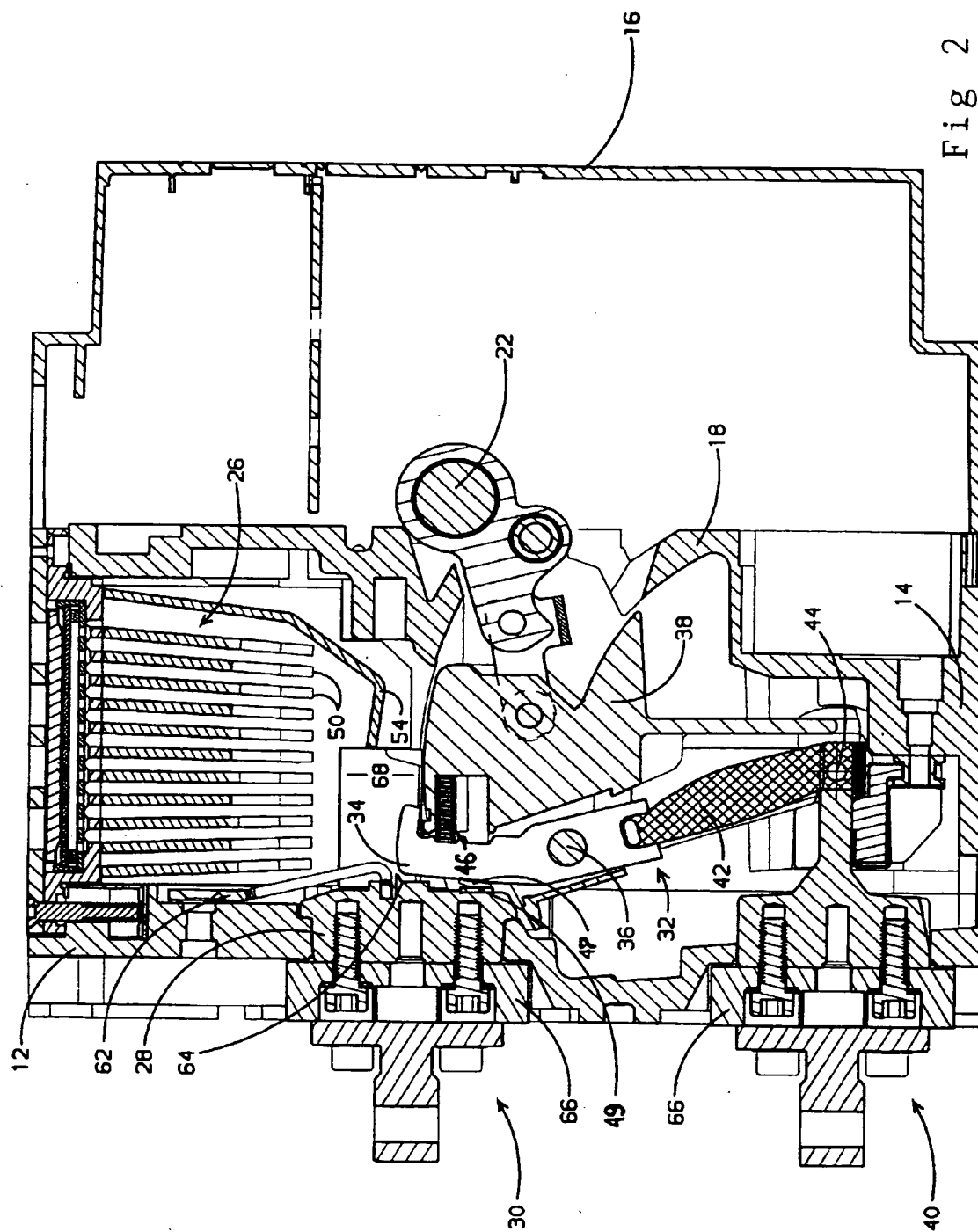


Fig 2

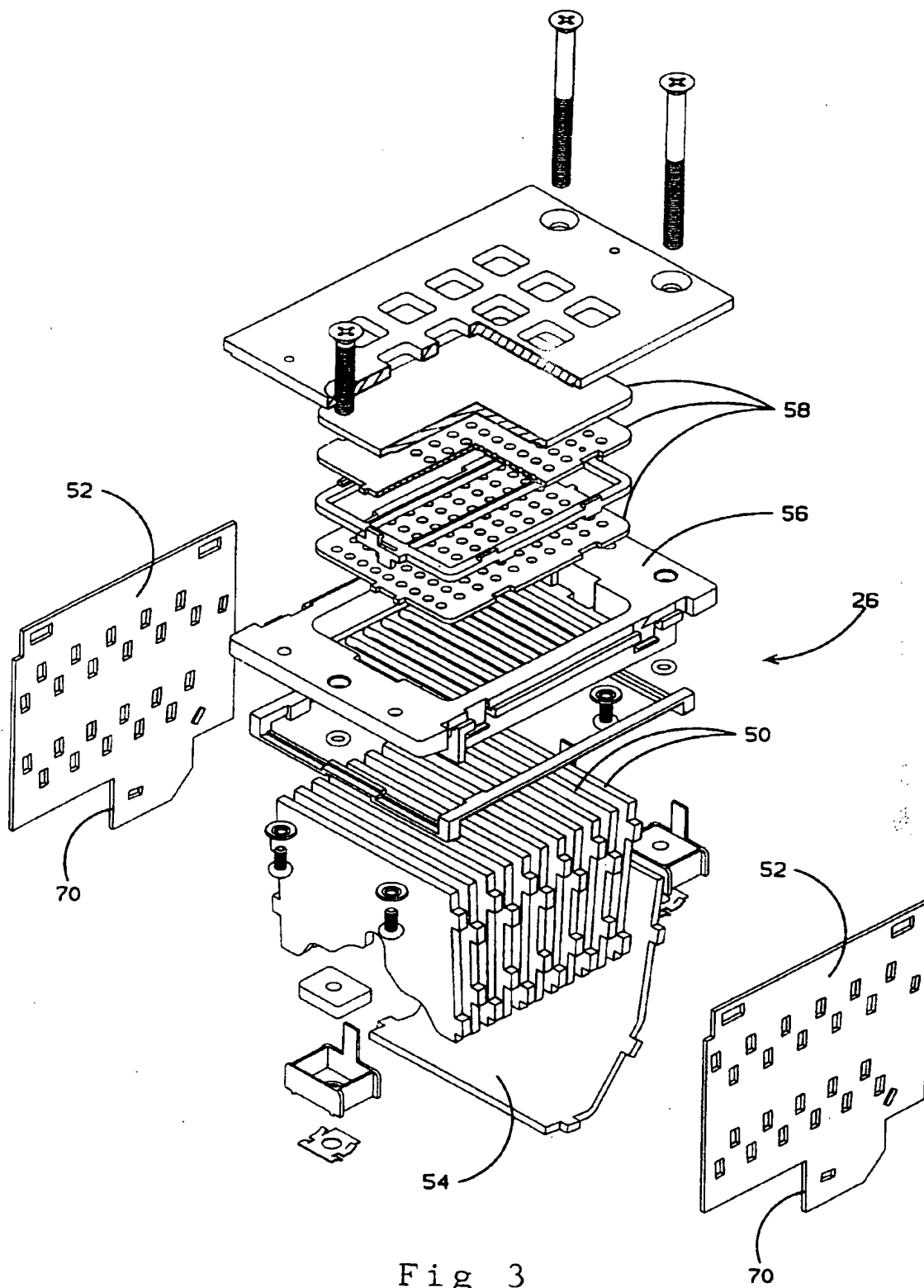


Fig 3

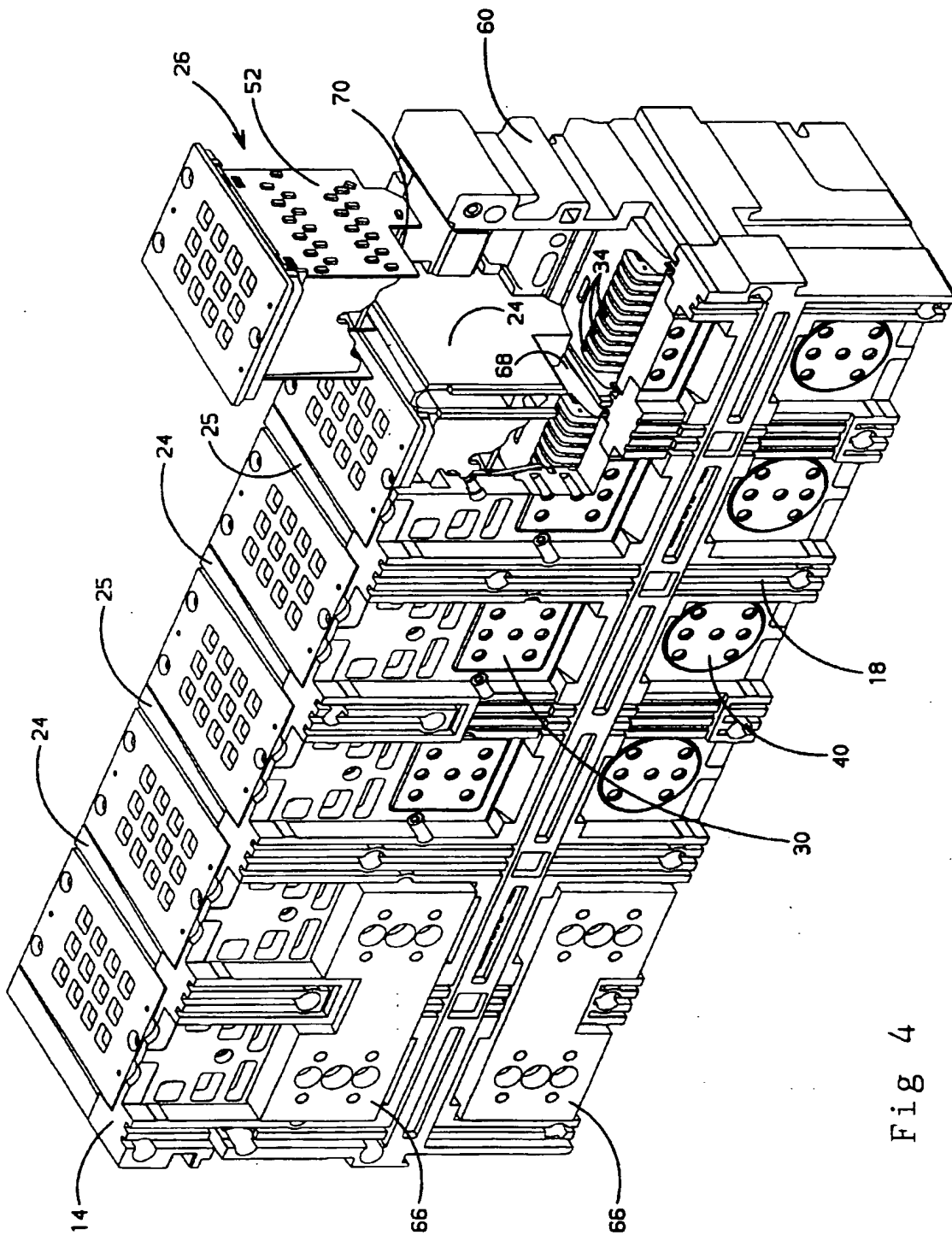


Fig 4

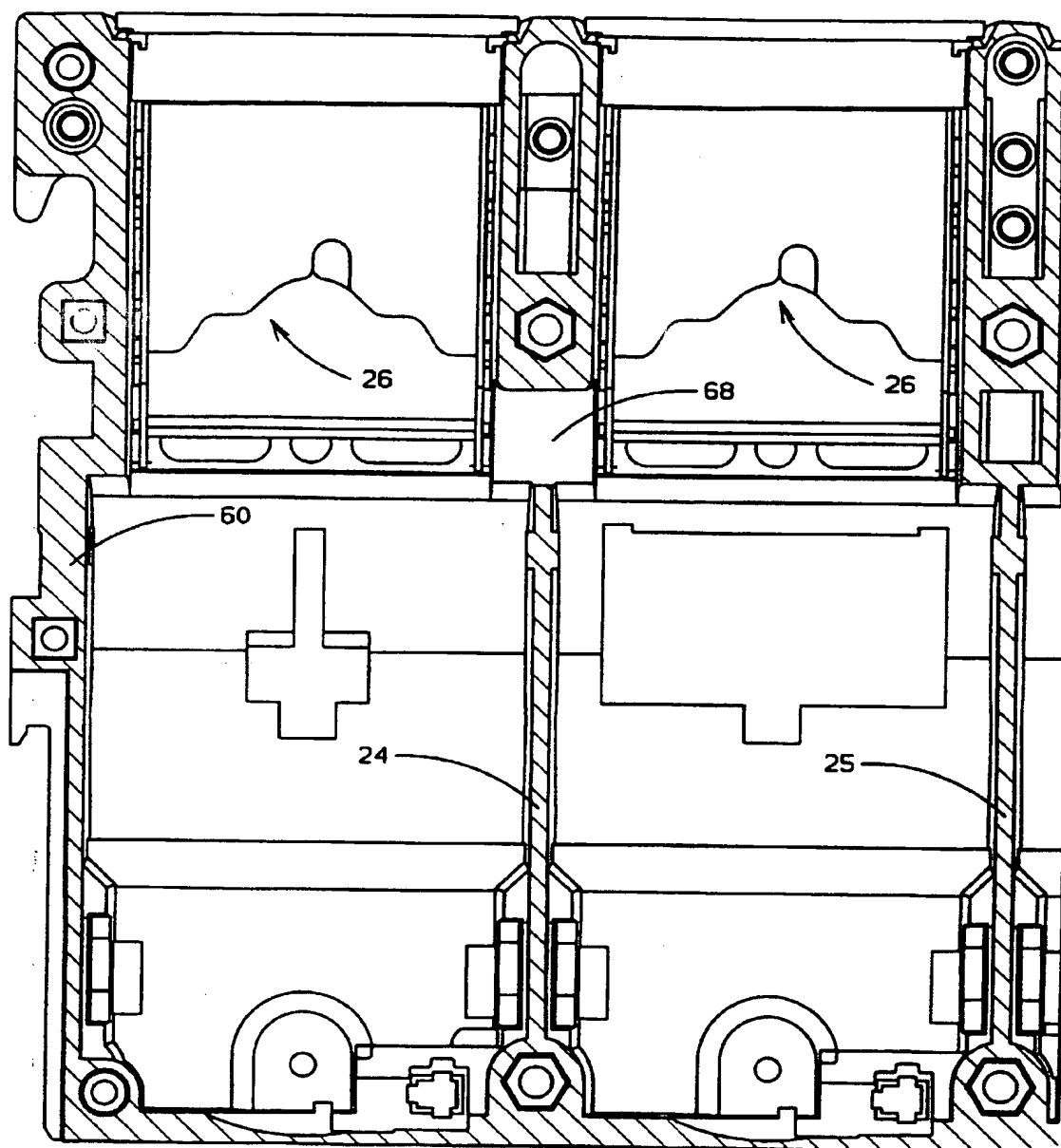


Fig 5

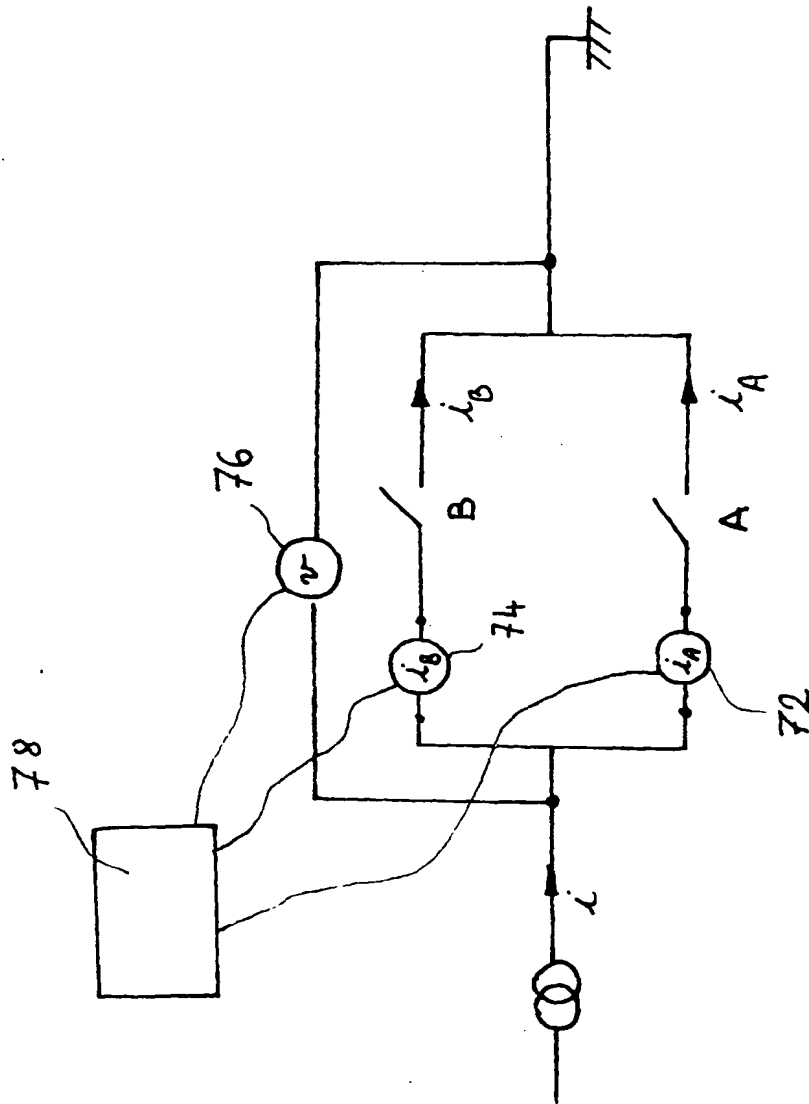


fig. 6

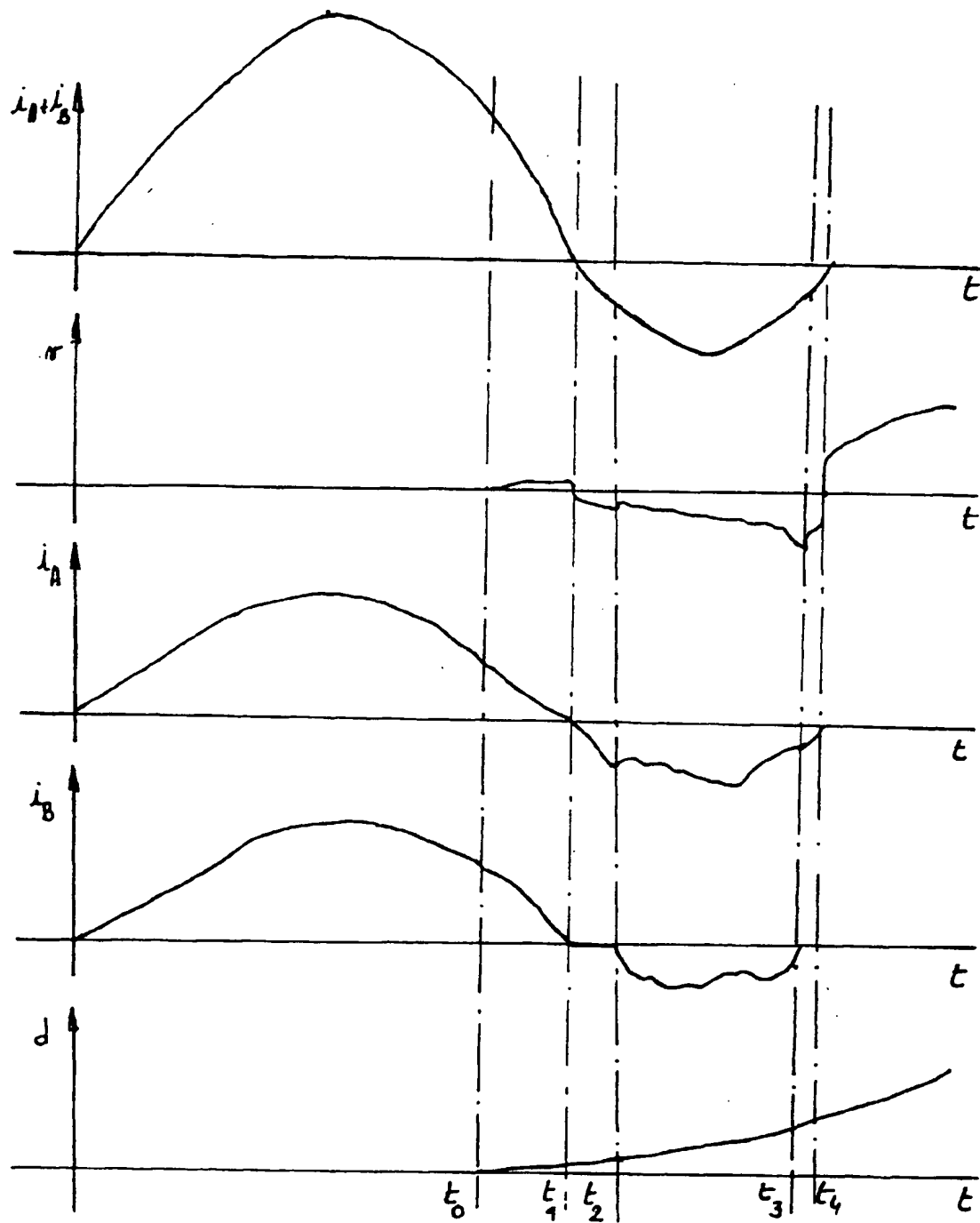


fig. 7



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 99 41 0042

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
A	EP 0 322 321 A (MERLIN GERIN) 28 June 1989 (1989-06-28) * the whole document *	1-9	H01H71/10 H01H9/40
A	US 4 884 047 A (BAGINSKI PIERRE ET AL) 28 November 1989 (1989-11-28) * abstract; claims; figures *	1-9	
A	EP 0 437 151 A (MERLIN GERIN) 17 July 1991 (1991-07-17) * claims; figures *	1-9	
A,D	EP 0 320 412 A (MERLIN GERIN) 14 June 1989 (1989-06-14) * the whole document *	1-9	
A	DE 35 15 158 A (LINDNER GMBH) 6 November 1986 (1986-11-06)		
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
			H01H
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 17 August 1999	Examiner Durand, F
<p>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</p> <p>X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document</p> <p>T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons S : member of the same patent family, corresponding document</p>			

LPO FORM 1503 03/97 (P4/C01)

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 99 41 0042

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

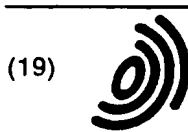
17-08-1999

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0322321	A	28-06-1989	FR 2624650 A	16-06-1989
			DE 3888140 D	07-04-1994
			DE 3888140 T	04-08-1994
			JP 1251530 A	06-10-1989
			JP 2771199 B	02-07-1998
			US 4958135 A	18-09-1990
US 4884047	A	28-11-1989	FR 2624649 A	16-06-1989
			DE 3878429 A	25-03-1993
			EP 0320412 A	14-06-1989
			JP 1251531 A	06-10-1989
			JP 2708511 B	04-02-1998
EP 0437151	A	17-07-1991	FR 2655770 A	14-06-1991
			DE 69018432 D	11-05-1995
			DE 69018432 T	09-11-1995
			ES 2073005 T	01-08-1995
EP 0320412	A	14-06-1989	FR 2624649 A	16-06-1989
			DE 3878429 A	25-03-1993
			JP 1251531 A	06-10-1989
			JP 2708511 B	04-02-1998
			US 4884047 A	28-11-1989
DE 3515158	A	06-11-1986	GR 861090 A	11-08-1986
			IT 1190330 B	16-02-1988

LPO 10/11/1999

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 957 500 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
17.11.1999 Bulletin 1999/46

(51) Int Cl.⁶: H01H 71/10, H01H 9/40

(21) Numéro de dépôt: 99410042.8

(22) Date de dépôt: 29.04.1999

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• Rival, Marc
38050 Grenoble cedex 09 (FR)
• Morel, Robert
38050 Grenoble cedex 09 (FR)

(30) Priorité: 12.05.1998 FR 9806206

(74) Mandataire: Ritzenthaler, Jacques
Schneider Electric SA,
Service Propriété Industrielle - A7
38050 Grenoble Cédex 09 (FR)

(71) Demandeur: Schneider Electric Industries SA
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(54) Disjoncteur dont une phase au moins est constituée par plusieurs compartiments polaires connectés en parallèle

(57) Un disjoncteur (10) comporte une pluralité de compartiments polaires juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et au moins une paire d'organes de contact (28, 32) séparables comportant au moins un organe de contact mobile (32), au moins deux desdits compartiments polaires étant contigus et séparés l'un de l'autre par une cloison (24). La cloison (24)

de séparation des pôles jumelés comporte une lumière (68) de communication de dimensions et d'emplacement tels qu'elle est apte à influencer sensiblement sur la répartition de l'énergie d'arc entre les deux compartiments lorsque ceux-ci sont branchés en parallèle. On obtient ainsi un disjoncteur à pouvoir de coupure élevé à partir d'un disjoncteur multipolaire standard de moindre pouvoir de coupure.

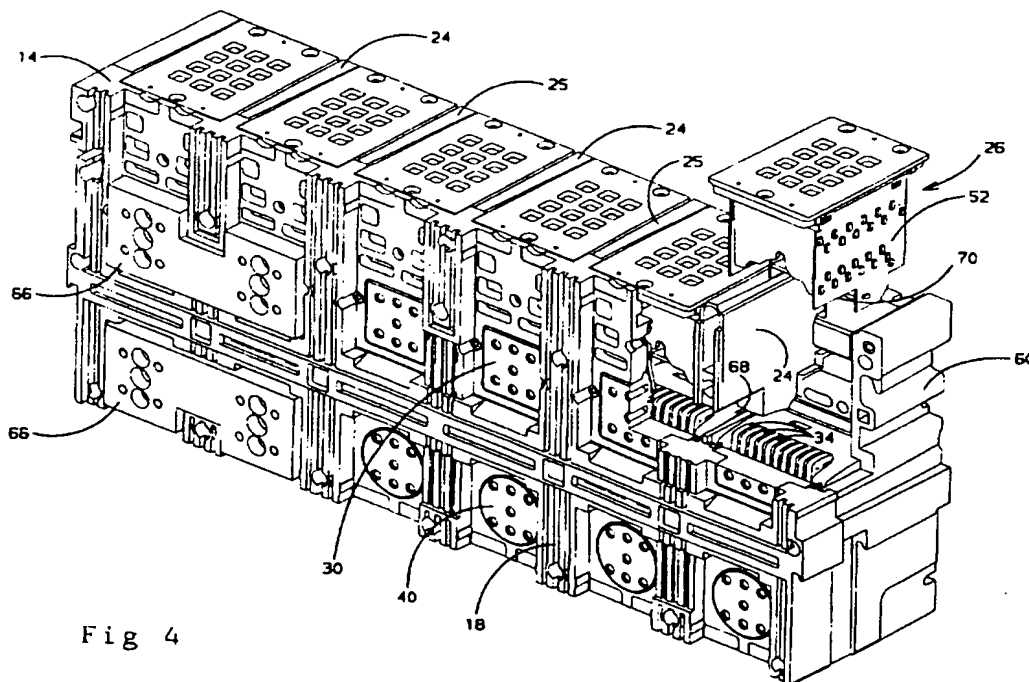


Fig 4

Description

[0001] L'invention concerne un disjoncteur dont une phase au moins est constituée par plusieurs pôles montés en parallèles.

[0002] Le calibre d'un disjoncteur, c'est-à-dire la valeur du courant nominal du disjoncteur, est, pour un boîtier de dimension prédéterminée, déterminé par le choix des pôles, c'est-à-dire essentiellement par les dimensions de la cuivrière associée au pôle.

[0003] Il est souhaitable de pouvoir élargir une gamme de disjoncteurs en associant des disjoncteurs comportant un certain nombre de pôles standards de manière à obtenir, pour un surcoût minimal, un disjoncteur de calibre supérieur à celui des pôles conventionnels qui le composent. Dans ce but, il a été proposé, dans le document EP-A-0 320 412, de connecter en parallèle deux pôles adjacents d'un disjoncteur standard. Au moins une phase du disjoncteur est alors constituée par deux pôles, chacun comportant un contact fixe prolongé par une plage de contact faisant saillie à l'extérieur du boîtier, un contact mobile connecté par un conducteur souple à une seconde plage de contact saillant à l'extérieur du châssis, et une chambre d'extinction d'arc. Une barrette de raccordement est fixée aux plages de contact des contacts fixes des deux pôles et une autre aux plages de contact des contacts mobiles, assurant ainsi le jumelage des deux pôles.

[0004] L'expérience montre toutefois que lors d'une coupure dans ces conditions, le courant d'arc ne se divise pas uniformément entre les deux pôles jumelés. Très vite, le courant d'arc ne subsiste en effet que dans l'une des deux chambres de coupure. Si le pouvoir de coupure ultime en court-circuit assigné au disjoncteur reste identique à celui du disjoncteur standard d'origine, ce phénomène n'a pas d'inconvénient. Par contre, si l'on recherche un pouvoir de coupure plus élevé, l'énergie d'arc devient trop importante pour une seule chambre. La construction en pôles jumelés de l'état de la technique s'avère donc inadaptée à la fabrication d'un disjoncteur dont le pouvoir de coupure soit plus élevé que celui des disjoncteurs individuels qui le composent. C'est pourquoi les disjoncteurs à pouvoir de coupure élevé de l'état de la technique n'utilisent pas des chambres standards montées en parallèle.

[0005] Un objectif de l'invention est donc d'élargir une gamme de disjoncteur de manière à former, à partir de disjoncteurs existants, un disjoncteur de calibre et de pouvoir de coupure plus élevés que les disjoncteurs individuels qui le composent, avec un nombre minimal de modifications. Un autre objectif est d'augmenter le pouvoir de coupure d'un disjoncteur à pôles jumelés.

[0006] Ces objectifs sont atteints selon un premier aspect de l'invention grâce à un disjoncteur comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc et une paire d'organes de

contact séparables, chaque organe de contact d'un des compartiment étant connecté électriquement en parallèle avec un organe de contact correspondant de l'autre compartiment ou susceptible de l'être, disjoncteur qui comporte des moyens de répartition de l'énergie d'arc dans les deux compartiments, comprenant au moins une lumière de communication entre les deux compartiments contigus, disposée dans la cloison. En d'autres termes, lorsqu'on compare les performances d'ouverture des compartiments branchés en parallèle avec et sans lumière, la répartition de l'énergie d'arc entre les deux chambres est sensiblement plus équilibrée lorsque la lumière existe que lorsqu'elle est absente.

[0007] Selon un deuxième aspect de l'invention, ces objectifs sont atteints avec un disjoncteur comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc et une paire d'organes de contact séparables, le disjoncteur comportant également un mécanisme de commande lié aux organes de contact séparables des deux compartiments de façon telle que leur séparation soit simultanée ou quasi simultanée, les organes de contact correspondants dans chaque compartiment étant connectés électriquement en parallèle de façon à constituer un pôle unique de pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour une tension assignée V_{cu} et un facteur de puissance k_{cu} correspondants donnés, caractérisé en ce que ladite cloison comporte au moins une lumière de communication entre les deux compartiments contigus, de dimensions et d'emplacement tels que, lorsque le pôle est globalement traversé par un courant d'intensité égale à 50% de son pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour la tension V_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} , le rapport entre l'énergie d'arc dans celui des compartiments le moins sollicité et l'énergie d'arc dans l'autre compartiment, est supérieur à 1/6, l'énergie d'arc étant mesurée pour chaque compartiment par l'intégrale

$$W = \int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i(t) \, dt$$

où

$v(t)$ est la valeur instantanée de la tension aux bornes des organes de contact

$i(t)$ est la valeur instantanée de l'intensité du courant traversant les organes de contact

t_0 est l'instant où débute la séparation des organes de contact

t_4 est l'instant où s'annule définitivement l'intensité du courant traversant les organes de contact.

[0008] Les phénomènes physiques engendrés par la lumière dans la paroi séparant les deux compartiment sont complexes. La présence de la lumière a tout

d'abord un aspect thermodynamique: les gaz ionisés chauds à haute pression engendrés dans le compartiment dont l'arc est le plus important, pénètrent dans l'autre compartiment. Ce mouvement de particules a divers effets dont certains vont dans le sens souhaité et d'autres non. D'un point de vue énergétique, les gaz chauds ayant migré disposent des séparateurs de la chambre la plus froide pour se refroidir, ce qui est bénéfique. D'un point de vue électrique, la présence de gaz ionisé dans le compartiment dont l'arc faiblit ou s'éteint a tendance à ranimer celui-ci. D'un point de vue aérodynamique par contre, les déplacements gazeux et éventuellement les ondes de pression d'un compartiment à l'autre peuvent influencer sur le déplacement du pied d'arc, et l'allongement de l'arc dans chaque compartiment, avec un risque d'entraver le déplacement de l'arc vers la chambre d'extinction sous l'effet des forces électrodynamiques. Or ce phénomène électrodynamique, appelé soufflage, est primordial pour la réalisation de la coupure, et sa dégradation n'est pas souhaitable. De même, du point de vue de l'évolution des pressions dans les deux compartiments, l'orifice paraît également contre-productif. En effet, on assiste à une diminution de la pression dans le compartiment dont l'arc est le plus important et à une augmentation de la pression dans l'autre compartiment. Or la théorie indique qu'une pression élevée favorise une diminution de section droite de la colonne d'arc, donc une élévation de sa résistance électrique et de la tension d'arc. C'est d'ailleurs une des principales raisons d'être des chambres d'extinction d'arc qui, en réalisant un confinement de l'arc, permettent une élévation considérable de la pression dans laquelle celui-ci se trouve. Diminuer la pression dans le compartiment dont l'arc est le plus important, c'est donc diminuer la tension de l'arc et favoriser son maintien.

[0009] Globalement, de manière surprenante et non prévisible, il s'avère possible de positionner et de calibrer la lumière de façon à ce qu'il y ait des réamorçages mutuels des deux arcs pendant la coupure, ce qui permet de répartir l'énergie d'arc sur les deux chambres dans des proportions significatives, et assure globalement une capacité d'absorption plus grande. Naturellement la répartition énergétique n'est pas parfaitement équilibrée, mais l'important est que l'énergie dissipée dans chaque compartiment soit d'un même ordre de grandeur, c'est-à-dire dans une proportion meilleure que 1 pour 10. En pratique, elle est de l'ordre de 1/3 à 2/3. Ceci est suffisant pour soulager le pôle le plus éprouvé par l'arc et augmenter le pouvoir de coupure de l'ensemble des deux compartiments par rapport à un compartiment unique.

[0010] Préférentiellement, la lumière est située à proximité de la zone où s'étire l'arc dans la phase de séparation des organes de contact. Cette disposition offre l'avantage de limiter au mieux le risque de détérioration des organes de contact. En effet, elle assure que la répartition de l'énergie d'arc soit effective très tôt dans la phase d'ouverture des organes de contact. Par

ailleurs, il est à souligner que lors de l'expansion de l'arc dans la chambre de coupure, les lamelles de déionisation sont soumises à des efforts électromagnétiques importants perpendiculairement à leur plan principal, ce qui tend à les déformer. Ce phénomène est un obstacle à l'élargissement de la chambre de coupure. En pratique, les lamelles utilisées pour les chambres de coupure de larges dimensions sont plus rigides - donc pour un matériau donné, plus épaisses - et sont disposées à plus grande distance les unes des autres, pour éviter un contact lors des déformations. Ceci a pour conséquence que la hauteur de la chambre augmente avec sa largeur. Selon ce mode préférentiel de l'invention, c'est-à-dire en dimensionnant l'orifice de communication de telle manière que la cloison de séparation conserve sa fonction de support, il devient possible d'élargir la chambre sans modifier ses autres dimensions.

[0011] Selon un mode préférentiel, la chambre d'extinction d'arc, dans chacun des compartiments contigus, a une embouchure s'ouvrant du côté des organes de contact, cette embouchure étant délimitée sur l'un de ses bords par une come d'arc inférieure destinée à réceptionner le pied de l'arc électrique à son entrée dans la chambre, la lumière étant disposée et dimensionnée de telle manière que les comes d'arc inférieures dans les compartiments contigus se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière. Cette disposition donne des résultats très satisfaisants. Suivant une disposition complémentaire, l'embouchure de la chambre d'extinction d'arc s'ouvrant du côté des organes de contact dans chacun des compartiments contigus, est délimitée sur un bord opposé à la come d'arc inférieure par une come d'arc supérieure, la lumière étant disposée et dimensionnée de telle manière que les zones situées entre la come d'arc inférieure et la come d'arc supérieure de chaque compartiment se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière.

[0012] De même, la répartition est bonne lorsque la lumière débouche dans chaque compartiment à proximité de la zone de contact des paires d'organes de contact séparables.

[0013] Suivant un mode de réalisation préférentiel, les dimensions de la lumière sont telles que la partie des organes de contact mobiles de chaque compartiment sur laquelle est localisée la tête de l'arc électrique lors de la séparation des organes de contact, est en regard de la partie correspondante de l'organe de contact mobile dans l'autre compartiment, à la fois en position fermée et en position ouverte.

[0014] Pour les disjoncteur dont les paires d'organes de contact séparables comportent un organe de contact fixe, il peut être avantageux que la lumière débouche dans chaque compartiment à proximité de l'organe de contact fixe.

[0015] Il est toujours préférable que les parois de la lumière aient une tenue diélectrique élevée.

[0016] D'autres avantages et caractéristiques de l'in-

vention ressortiront de la description qui va suivre de différents modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 représente une vue en perspective éclatée d'un disjoncteur selon l'invention
- la figure 2 représente une coupe longitudinale du disjoncteur de la figure 1, suivant un plan médian d'un pôle jumelé du disjoncteur
- la figure 3 représente une vue éclatée d'une chambre d'extinction d'arc d'un pôle du disjoncteur selon l'invention.
- la figure 4 représente une vue en perspective partiellement éclatée d'un compartiment postérieur du disjoncteur de la figure 1, montrant plus particulièrement un orifice de communication entre deux pôles jumelés selon l'invention
- la figure 5 représente une coupe transversale montrant deux pôles jumelés
- la figure 6 représente un dispositif expérimental permettant d'évaluer une énergie d'arc lors de l'ouverture des pôles jumelés
- la figure 7 représente différentes courbes caractéristiques de la coupure.

[0017] En référence aux figures 1 et 2, un disjoncteur 10 hexapolaire comporte un boîtier isolant formé par l'assemblage d'un socle postérieur 12, d'un châssis intermédiaire 14 à fonds ouverts et d'une face avant 16, qui délimitent un compartiment postérieur et un compartiment antérieur de part et d'autre d'une cloison antérieure 18 du châssis intermédiaire 14. Dans le compartiment antérieur est logé un mécanisme de commande 20 du disjoncteur 10, qui agit sur un arbre de commutation 22 commun à l'ensemble des pôles du disjoncteur. Ce mécanisme 20 est rapporté sur la cloison antérieure 18 du châssis intermédiaire 14. Le compartiment postérieur est lui-même subdivisé en compartiments élémentaires par des cloisons intercalaires 24, 25 (cf. figure 4) du châssis intermédiaire 14. Dans chaque compartiment élémentaire est logé un pôle du disjoncteur. Chaque pôle comporte un dispositif de contacts séparables ainsi qu'une chambre d'extinction d'arc 26.

[0018] Le dispositif de contacts séparables comporte un organe de contact fixe 28 directement supporté par une première plage de raccordement 30 du disjoncteur traversant le socle 12 du boîtier isolant, et un organe de contact mobile 32. Celui-ci est doté d'une pluralité de doigts de contacts 34 en parallèle montés à pivotement sur un premier axe transversal 36 d'une cage de support 38. Le talon de chaque doigt est connecté à une deuxième plage de raccordement 40 traversant le socle 12, par l'intermédiaire d'une tresse 42 en matériau conducteur. Les plages de raccordement 30, 40 sont destinées à être raccordées au réseau amont et aval, par exemple à travers un jeu de barres. L'extrémité de la cage 38

située à proximité de la deuxième plage de raccordement 40 est équipée d'un axe logé dans un palier solide du boîtier isolant, de façon à autoriser le pivotement de la cage 38 entre une position ouverte et une position fermée du pôle autour d'un axe géométrique 44 matérialisé sur la figure 2. Un dispositif à ressorts de pression de contact 46 est disposé dans une encoche de la cage 38 et sollicite les doigts de contact 34 en pivotement autour du premier axe 36 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Chaque doigt de contact 34 comporte une pastille de contact 47 qui, dans la position représentée sur la figure 2, est en contact avec une pastille unique 49 disposée sur l'organe de contact fixe 28. La cage 38 est accouplée à l'arbre de commutation 22 par une biellette de transmission 48 de telle sorte que la rotation de l'arbre 22 induise un pivotement de la cage 38 autour de l'axe 44.

[0019] La structure de la chambre d'extinction d'arc 26 est plus particulièrement visible sur la figure 3. La chambre comporte un empilement de lamelles 50 métalliques de déionisation de l'arc électrique assemblé sur un support isolant comportant deux joues latérales 52. La face interne de chaque joue 52 est pourvue d'encoches coopérant avec des aspérités complémentaires des lamelles pour le positionnement de celles-ci. De la même manière est assuré le positionnement d'une corne d'arc supérieure 54. Une paroi externe 56 composite est disposée sensiblement perpendiculairement aux joues latérales et aux lamelles de déionisation. Cette paroi constitue un cadre pour l'assemblage des joues latérales. Elle comporte des orifices d'échappement pour l'évacuation des gaz de coupure, et un empilement de filtres intermédiaires 58 destinés à limiter la pollution du milieu extérieur.

[0020] On voit sur la figure 4 comment la chambre d'extinction d'arc 26 vient s'insérer dans l'un des compartiments élémentaires du disjoncteur, ici un compartiment latéral délimité par une cloison intercalaire 24 et une des cloisons latérales externes 60 du châssis intermédiaire 14. Cette construction permet la vérification de l'état des pôles du disjoncteur et le remplacement de la chambre d'extinction 26 avec un nombre réduit de manipulations.

[0021] Le dispositif d'extinction est complété par une corne de guidage d'arc inférieure 62, fixée au socle 12 et connectée électriquement à l'organe de contact fixe 28 du pôle, qui délimite vers le bas l'entrée de la chambre d'extinction 26. Le contact fixe 28 a, dans la zone directement en regard de l'extrémité frontale des doigts 34 de l'organe de contact mobile 32, un rebord profilé 64 approximativement complémentaire du profil des doigts 34, remontant vers la protubérance de la corne inférieure 62 pour assurer globalement avec celle-ci un profil sans rupture notable de pente. Cette zone du contact fixe, dite pare-étincelles, permet d'éliminer les risques de détérioration des pastilles de contact 47 et 49. En effet, lors de l'ouverture des organes de contact, le mouvement initial de pivotement de la cage 38 autour

de son axe 44 - dans le sens horaire sur la figure 2 - provoque un pivotement des doigts mobile 34 autour de leur axe 36 dans le sens contraire. Dans cette phase initiale, ce mouvement conjugué entraîne un rapprochement de la partie frontale des doigts 34 et du pare-étincelles et une entrée en contact, avant que les pastilles de contact 47, 49 ne se séparent. Lorsque la séparation des pastilles 47, 49 a lieu, les doigts 34 sont dans une position telle que l'écartement entre les pastilles 47, 49 croît plus rapidement que l'écartement entre la corne inférieure 62 et les doigts 34 du contact mobile 32. Par conséquent, l'arc est tiré initialement entre le pare-étincelles et l'extrémité frontale des doigts 34, et migre immédiatement pour venir s'implanter entre la protubérance de la corne 62 et la partie frontale des doigts 34, en évitant tout déplacement de l'arc vers les pastilles 47, 49 ou tout amorçage au niveau de celles-ci. Lorsque l'ouverture se poursuit, l'arc s'étend devant la chambre et y pénètre de la manière habituelle.

[0022] Les pôles du disjoncteur 10 sont jumelés deux à deux de manière à former trois groupes de deux pôles adjacents. On entend par jumelage le branchement électrique en parallèle des organes de contact fixes 28 des deux pôles d'une part et des organes de contact mobiles 32 des deux pôles de l'autre. En pratique, ce jumelage se fait hors du boîtier, au niveau des extrémités libres des plages de raccordement 30, 40 des contacts à raccorder, par interposition de deux barrettes de raccordement 66 visibles pour l'un de pôles sur la figure 4, ces deux barrettes étant fixées par chacune de leurs extrémités à une partie correspondante de chaque plage 30, 40, saillant hors du boîtier.

[0023] Les trois cloisons intercalaires 24 séparant deux compartiments jumelés diffèrent des deux autres cloisons intercalaires 25 en ce qu'elles comportent une lumière de communication 68 de section sensiblement rectangulaire, comme on le voit sur les figures 2, 4 et 5. Cette lumière se situe au voisinage de la zone de contact, au niveau de l'entrée dans la chambre d'extinction. Elle est disposée de telle manière que les cornes d'arc inférieures 62 des deux pôles jumelés soient en regard l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière. Dans le sens de la hauteur, mesurée suivant un axe perpendiculaire au socle 12, la lumière 68 s'étend sensiblement jusqu'à la hauteur des cornes supérieures 54. Dans le sens de la longueur, mesurée suivant un axe perpendiculaire à l'axe précédant et à l'axe de pivotement 44 de l'organe de contact mobile 32, la lumière s'étend de part et d'autre de l'entrée dans la chambre 26. En définitive, les entrées des deux chambres d'extinction 26 ne sont pratiquement pas séparées par la cloison intercalaire 24. Il est ainsi possible de définir une embouchure d'entrée commune aux deux chambres d'extinction 26, qui se matérialise, dans une section droite perpendiculaire à l'axe longitudinal, par un orifice commun sensiblement rectangulaire dont le rebord est défini en suivant le rebord de la corne supérieure 54 de l'un des pôles, le rebord de la corne supérieure 54 du pôle jumelé, une partie de

la paroi de la cloison intermédiaire 25 sans lumière de ce pôle jumelé, le rebord supérieur protubérant de la corne inférieure 62 du pôle jumelé, le rebord correspondant de la corne inférieure 62 du premier pôle et une partie de la paroi de la cloison intermédiaire 25 sans lumière - ou de la cloison latérale externe 60, suivant le cas - du premier pôle. Comme on le voit particulièrement sur les figures 2 à 4, les joues latérales 52 des chambres d'extinction 26 ont une découpe 70 correspondant à la lumière 68 de la cloison intermédiaire 24 séparant les pôles jumelés. La face des joues latérales 52 de chaque chambre d'extinction 26 en regard de la cloison intermédiaire 24, 25 adjacente, est accolée sur toute sa surface à la cloison.

[0024] Le disjoncteur fonctionne de la manière suivante: lors de l'apparition d'un courant de défaut détecté par un déclencheur, le mécanisme de commande 20 provoque l'ouverture du disjoncteur par pivotement de l'arbre de commutation 22 qui entraîne l'ensemble des cages 38 des organes de contact mobiles 32 vers leur position d'ouverture. Le pivotement initial des cages 38 provoque le basculement en sens inverse des doigts de contact 34. Un contact fugitif s'établit entre la face frontale des doigts 34 et le pare-étincelles, avant que les pastilles de contact 47, 49 ne se séparent. Ce contact fugitif dure suffisamment longtemps après la séparation des pastilles 47, 49 pour que le courant s'établisse entre les doigts de contact 34 et le pare-étincelles. La poursuite du mouvement de la cage 38, entraîne la séparation des doigts de contact 34 et du pare-étincelles. Une racine d'arc prend naissance sur le pare-étincelles et migre rapidement sur la corne inférieure 62 sous l'effet des forces électrodynamiques, alors que la tête d'arc s'établit sur la partie frontale des doigts 34. En fin de course d'ouverture de l'organe de contact mobile 32, l'arc commute des doigts 34 de l'organe de contact mobile sur la corne supérieure 54; à ce moment, un arc est accroché entre la corne inférieure 62 et la corne supérieure 54. Il s'avère que l'on n'assiste pas simultanément au même phénomène sur le pôle jumelé: en effet, celui-ci ne voit pas immédiatement l'établissement d'un arc semblable à celui du premier pôle. L'ensemble du courant circule dans l'arc d'un seul des deux compartiments. Toutefois, la présence de la lumière de communication 68 entre les deux compartiments permet à l'arc de s'amorcer par claquage et de se développer avec un léger retard dans le compartiment déficient. Il y a donc répartition du courant et de l'énergie d'arc entre les deux compartiments.

[0025] Des essais comparatifs, illustrés par les figures 6 et 7, ont permis de démontrer l'efficacité du dispositif selon l'invention. Un courant présumé d'une valeur efficace de 130 kA (soit environ 270 kA crête pour un enclenchement de type asymétrique avec un facteur de puissance 0,2) a été délivré à deux pôles de calibre 3200 A, ayant un pouvoir de coupure ultime de 100 kA, montés en parallèle. Comme l'illustre la figure 6, l'intensité instantanée du courant circulant dans chaque pôle

a été mesurée par des ampèremètres 72, 74, et la tension aux bornes des pôles par un voltmètre 76. Les valeurs instantanées mesurées ont été acheminées jusqu'à une unité de calcul 78 permettant le calcul des intégrales énergétiques caractéristiques de chaque branche. La figure 7 représente les courbes caractéristiques de la coupure en fonction du temps t , à savoir: le courant total $i_A + i_B$ passant dans les deux branches A et B du circuit, la tension v aux bornes communes des deux pôles jumelés, l'intensité du courant dans chacune des deux branches et la distance d entre l'organe de contact mobile et l'organe de contact fixe. Avant l'instant t_0 les pôles étaient fermés. Le courant se répartissait substantiellement par moitié dans chaque pôle, soit 135 kA crête par pôle. L'ouverture a été déclenchée à l'instant t_0 . Dans le premier pôle A, l'arc électrique est apparu dès t_0 et s'est maintenu après l'instant t_1 de passage du courant par 0. Dans le deuxième pôle B, l'arc électrique est apparu à t_0 mais s'est éteint au passage du courant par 0. Entre les instants t_1 et t_2 , le courant n'a traversé que le pôle A. L'instant t_2 marque le réamorçage de l'arc électrique dans le pôle B, ce dont atteste la réapparition d'un courant dans cette branche du circuit. Entre les instants t_2 et t_3 , l'arc existe simultanément dans les deux pôles qui sont tous deux traversés par un courant. A t_2 , la tension d'arc a légèrement décroché avant de recommencer à croître en valeur absolue. L'intensité du courant dans le pôle B est restée en valeur absolue toujours inférieure à celle du pôle A. L'annulation du courant au bout d'un temps t_3 dans le pôle B atteste de l'extinction de l'arc dans ce compartiment. A l'instant t_4 , le courant s'est également annulé dans le compartiment A attestant de l'extinction de l'arc. La tension d'arc a continué de croître en valeur absolue sans que le courant renaisse. La coupure a eu lieu en moins d'une demi période. L'énergie d'arc, évaluée par l'intégrale W du produit du courant $i(t)$ par la tension $v(t)$ entre t_0 et t_4 dans chacune des deux branches du circuit, montre qu'approximativement 2/3 de l'énergie a été dissipée dans le compartiment A et 1/3 dans le compartiment B. On peut d'ailleurs lire directement ce résultat sur les courbes de la figure 7, dans lesquelles les aires délimitées par les courbes d'intensité du courant dans les branches A et B sont approximativement représentatives des énergies d'arc dans chacune des branches, si l'on remarque que la tension d'arc est commune aux deux branches et sensiblement constante.

[0026] Dans des conditions analogues, avec un disjoncteur ne différant du précédent que par l'absence de lumière dans la cloison intercalaire, l'arc est né dans les deux compartiments, mais s'est éteint dans l'un des deux lors du premier passage du courant par 0. Par la suite, il ne s'est développé que dans l'un des deux compartiments. L'arc s'est éteint lors du deuxième passage du courant par 0 mais il y a eu réamorçage quasi instantané. La coupure a échoué et l'essai a abouti à la destruction du pôle où l'arc s'était développé. Ceci tient au fait que le courant appliqué était supérieur au pouvoir

de coupure ultime de chaque compartiment et que la répartition énergétique entre les deux compartiments était très médiocre, en pratique inférieure à 1/10.

[0027] Si l'on se place dans des conditions d'essai avec un courant d'intensité inférieure au pouvoir de coupure ultime du disjoncteur sans lumière de communication, on obtient là encore une différence substantielle de comportement. L'essai suivant a été mené. En prenant pour référence l'ensemble constitué par les deux compartiments polaires branchés en parallèle de manière à ne constituer globalement qu'un seul pôle et comportant une lumière de communication, et en ce plaçant dans des conditions d'essai avec un courant d'intensité égale à 50% du pouvoir de coupure ultime I_{cu} de ce pôle, pour la tension v_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} utilisés pour définir le pouvoir de coupure ultime I_{cu} , on a mesuré le rapport:

$$\frac{W_B}{W_A} = \frac{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_B(t) dt}{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_A(t) dt}$$

de l'énergie d'arc W_B dans la branche la moins sollicitée à l'énergie d'arc W_A dans la branche la plus sollicitée ($W_B \leq W_A$) entre l'instant t_0 où débute l'ouverture et l'instant t_4 où le courant s'annule définitivement dans le dernier compartiments. Pour un pôle selon l'invention, le rapport obtenu lors des essais a toujours été supérieur à 1/6. Pour un pôle constitué des compartiments semblables montés en parallèle mais sans lumière de communication, le rapport mesuré était au mieux de l'ordre de 0,1. Ceci signifie qu'en pratique, bien que l'arc naisse dans les deux compartiments, il s'éteint dans l'un d'eux au plus tard lors du premier passage à 0 du courant, et ne subsiste par la suite que dans l'autre compartiment. Etant données les conditions expérimentales favorables choisies, à savoir un courant appliqué inférieur au pouvoir de coupure ultime d'un compartiment seul, la coupure a bien lieu, mais elle met durement à l'épreuve le compartiment le plus sollicité.

[0028] Des essais comparatifs ont été effectués avec des lumières de différentes tailles et des lumières disposées à différents endroits. Les mesures ont été effectuées pour des valeurs de court-circuit de 130, 150 et 180 kA monophasé sous une tension alternative de 508 V avec un facteur de puissance d'environ 0,15.

[0029] Le rapport

$$\frac{W_B}{W_A} = \frac{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_B(t) dt}{\int_{t_0}^{t_4} v(t) \cdot i_A(t) dt}$$

des valeurs de l'énergie d'arc engendrée dans chacun des deux compartiments entre l'instant t_0 où débute l'ouverture et l'instant t_4 où le courant s'annule définitivement dans le dernier compartiment a été retenu comme indice de la répartition de l'énergie d'arc entre les deux compartiments et de l'efficacité du dispositif, la valeur idéale étant de 1.

[0030] L'expérience montre que l'efficacité du dispositif dépend de la localisation de la lumière dans la chambre. L'efficacité décroît lorsque la lumière est éloignée de la zone de contact. Les résultats les meilleurs ont été obtenus avec une lumière disposée de telle manière que, dans la phase d'ouverture des contacts, c'est-à-dire entre l'instant où le contact mobile quitte le contact fixe et l'instant où il atteint sa position haute, une partie au moins de l'arc, de préférence sa racine du côté du contact fixe, se trouve en face de l'ouverture de la lumière. C'est en effet à ce moment que la pression et le flux gazeux générés par l'arc sont le plus à même de se propager dans l'autre chambre. Si la lumière est déplacée vers l'intérieur de la chambre, l'arc ne l'atteint que plus tardivement, et à un instant où il est déjà refroidi, de sorte que les probabilités de claquage dans le compartiment jumelé sont plus faibles. De plus, cette configuration nuit à la rigidité de la chambre d'extinction. Si par contre la lumière est déplacée vers les pastilles, le claquage dans le compartiment jumelé risque de se produire au niveau des pastilles, ce qui contribue à endommager celles-ci.

[0031] L'efficacité varie également avec la taille de la section de la lumière. Une hauteur suffisante de la lumière peut être de l'ordre de la moitié de la distance entre la racine et la tête de l'arc à la fin de l'ouverture, c'est-à-dire, avec la structure des pôles adoptée pour l'expérience, la moitié de la distance entre la corne inférieure et la corne supérieure. Toutefois, cette disposition ne convient que pour des disjoncteurs à ouverture relativement lente et des courants relativement faibles (inférieurs à 150 kA). Pour des disjoncteurs d'ouverture plus rapide et des courants plus importants, il convient que la lumière soit suffisamment haute pour que la racine et la tête de l'arc soient en face de la lumière à l'instant où le contact mobile atteint sa position haute. En d'autres termes, le résultat est meilleur lorsque la partie des contacts mobiles où se trouve la tête d'arc est en regard de la partie correspondante du contact mobile du compartiment jumelé pendant tout le mouvement ascendant d'ouverture des contacts mobiles. En effet, ce n'est que lorsque l'énergie développée par l'arc est suffisamment importante, avec montée de la température et de la pression correspondantes, que le claquage donnant naissance à un arc dans le compartiment jumelé peut avoir lieu. Or, pour des paramètres d'essai extrêmes, et notamment une vitesse d'ouverture très élevée, ces conditions ne sont pas réunies avant la fin du mouvement ascendant des contacts mobiles. Il convient de souligner que l'effet souhaité ne se dégrade pas si l'on augmente la hauteur de la lumière au delà de la hauteur

maximale de l'arc. En pratique, la hauteur de la lumière est limitée par la présence de la corne supérieure, pour laquelle des ancrages latéraux sont nécessaires.

[0032] En ce qui concerne la largeur de la lumière, il convient de considérer que l'arc, du fait de l'effet de soufflage électrodynamique, tend à se déplacer vers la chambre. Les résultats sont donc meilleurs quand la lumière est assez large pour que l'ensemble de l'arc soit en face d'elle durant toute la phase d'ouverture. A titre indicatif, la largeur ne devrait pas descendre en dessous du tiers de la hauteur. Des résultats satisfaisants sont obtenus lorsque la largeur est de l'ordre de la moitié de la hauteur. En soi, une largeur plus importante ne détériore pas l'effet recherché. Toutefois, avec la structure de pôle décrite précédemment, la largeur de la lumière est limitée d'un côté par la présence de la chambre qui nécessite des joues de soutien latéral, et de l'autre par la présence des pastilles de contact qu'on souhaite préserver des risques de reclaquage de l'arc électrique.

[0033] Naturellement, une disposition des pôles différente peut amener à une localisation quelque peu différente. Notamment, si le pôle est dimensionné pour que l'arc naisse au niveau des pastilles de contact avant d'être soufflé vers la chambre, il devient utile que les pastilles de contact fixes soient en regard l'une de l'autre au travers de la lumière.

[0034] Naturellement, diverses modifications peuvent être effectuées dans le but d'améliorer encore la répartition de l'énergie d'arc. Par exemple, on peut envisager de connecter le contact mobile de chaque pôle jumelé avec le contact fixe de l'autre pôle jumelé. On peut également envisager de pourvoir l'orifice d'un clapet n'autorisant la communication entre chambres que lorsqu'est dépassée une certaine différence de pressions. On peut prévoir de conformer l'orifice en col évasé à ses extrémités, pour favoriser l'écoulement gazeux. Il peut également être utile de revêtir les rebords de la lumière d'un revêtement ayant une tenue diélectrique élevée, de manière à ne pas gêner le développement de l'arc. La forme rectangulaire de la section de la lumière retenue dans l'exemple décrit, peut être remplacée par une forme différente, du moment que sont suivis les critères dimensionnels retenus. On peut par exemple envisager une lumière de section oblongue ou elliptique, dont l'un des axes a une dimension correspondant à la largeur dans l'exemple ci-dessus, et l'autre axe a une dimension correspondant à la hauteur dans l'exemple.

50 Revendications

1. Disjoncteur (10) comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison (24) et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et une paire d'organes de contact (28, 32) séparables, chaque organe de contact d'un des compartiment étant connecté

électriquement en parallèle avec un organe de contact correspondant de l'autre compartiment, ou susceptible de l'être, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de répartition de l'énergie d'arc dans les deux compartiments, comprenant au moins une lumière (68) de communication entre les deux compartiments contigus, disposée dans la cloison (24).

2. Disjoncteur (10) comportant au moins deux compartiments polaires contigus, séparés par une cloison (24) et juxtaposés à l'intérieur d'un boîtier isolant, dans chacun desquels sont disposées une chambre d'extinction d'arc (26) et une paire d'organes de contact (28, 32) séparables, le disjoncteur comportant également un mécanisme de commande lié aux organes de contact séparables des deux compartiments de façon telle que leur séparation soit simultanée ou quasi simultanée, les organes de contact correspondants dans chaque compartiment étant connectés électriquement en parallèle de façon à constituer un pôle unique de pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour une tension assignée v_{cu} et un facteur de puissance k_{cu} correspondants donnés, caractérisé en ce que ladite cloison (24) comporte au moins une lumière (68) de communication entre les deux compartiments contigus, de dimensions et d'emplacement tels que lorsque le pôle est globalement traversé par un courant d'intensité égale à 50% de son pouvoir de coupure ultime I_{cu} pour la tension v_{cu} et le facteur de puissance k_{cu} , le rapport entre l'énergie d'arc dans celui des compartiments le moins sollicité et l'énergie d'arc dans l'autre compartiment est supérieur à 1/6, l'énergie d'arc étant mesurée pour chaque compartiment par l'intégrale

$$W = \int_{t_0}^t v(t) \cdot i(t) \, dt$$

où

- $v(t)$ est la valeur instantanée de la tension aux bornes des organes de contact
 $i(t)$ est la valeur instantanée de l'intensité du courant traversant les organes de contact
 t_0 est l'instant où débute la séparation des organes de contact
 t_4 est l'instant où s'annule définitivement l'intensité du courant traversant les organes de contact.

3. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la lumière (68) est située à proximité de la zone où s'étire l'arc dans la phase de séparation des organes de contact (28, 32).

4. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que dans chacun des compartiments contigus, la chambre d'extinction d'arc (26) a une embouchure s'ouvrant du côté des organes de contact, cette embouchure étant délimitée sur l'un de ses bords par une corne d'arc inférieure (62) destinée à réceptionner le pied de l'arc électrique à son entrée dans la chambre (26), la lumière (68) étant disposée et dimensionnée de telle manière que les cornes d'arc inférieures (62) dans les compartiments contigus se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière (68).

5. Disjoncteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans chacun des compartiments contigus, l'embouchure de la chambre d'extinction d'arc (26) s'ouvrant du côté des organes de contact, est délimitée sur un bord opposé à la corne d'arc inférieure par une corne d'arc supérieure (54), la lumière (68) étant disposée et dimensionnée de telle manière que les zones situées entre la corne d'arc inférieure (62) et la corne d'arc supérieure (54) de chaque compartiment se trouvent directement en face l'une de l'autre de part et d'autre de la lumière (68).

6. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la lumière (68) débouche dans chaque compartiment à proximité de la zone de contact des paires d'organes de contact (28, 32) séparables.

7. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les dimensions de la lumière (68) sont telles que la partie des organes de contact mobiles (32) de chaque compartiment sur laquelle est localisée la tête de l'arc électrique lors de la séparation des organes de contact (28, 32) est en regard de la partie correspondante de l'organe de contact mobile (32) dans l'autre compartiment à la fois en position fermée et en position ouverte.

8. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les paires d'organes de contact (28, 32) séparables comportent un organe de contact fixe (28), la lumière (68) débouchant dans chaque compartiment à proximité de l'organe de contact fixe (28).

9. Disjoncteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les parois de la lumière (68) ont une tenue diélectrique élevée.

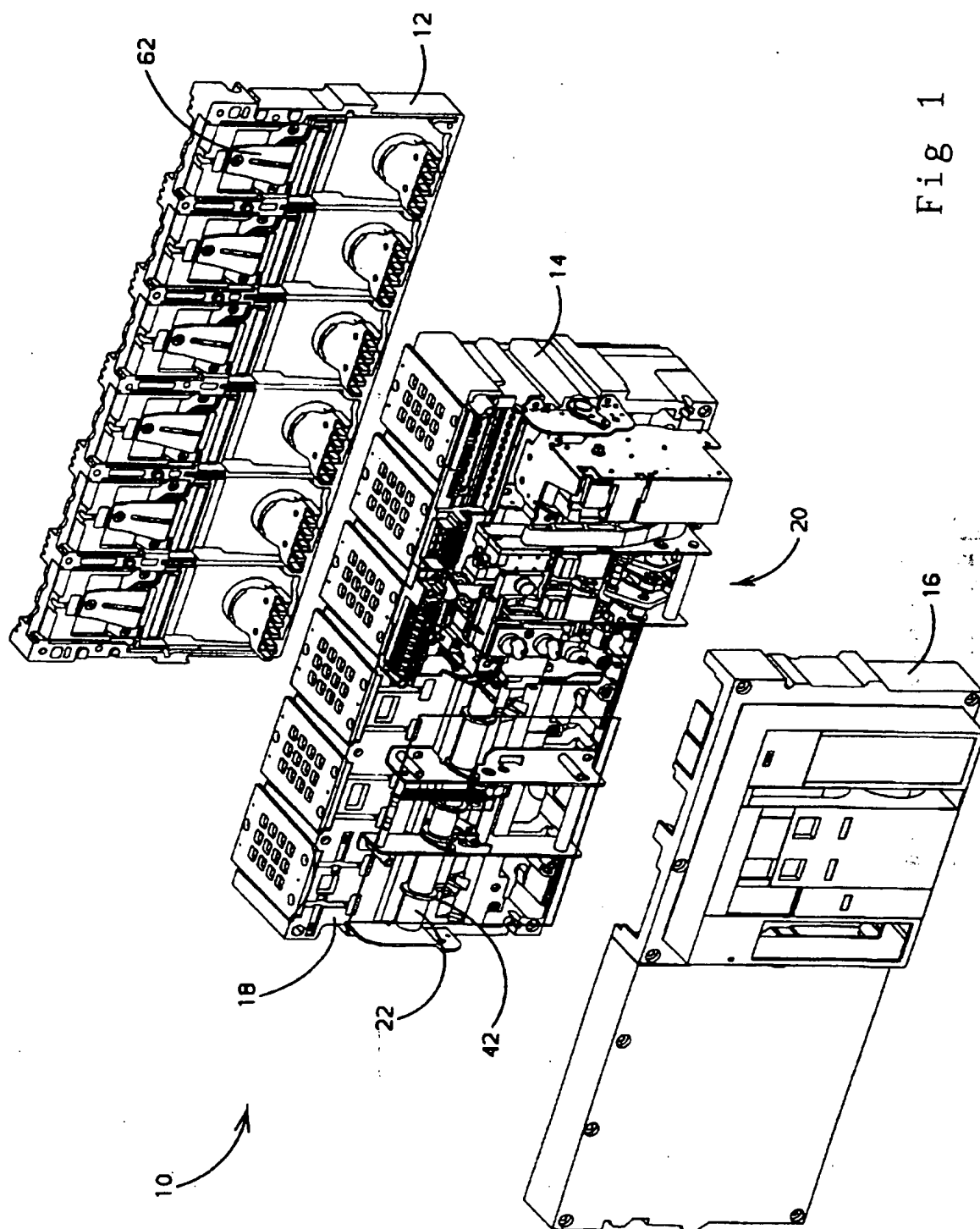


Fig 1

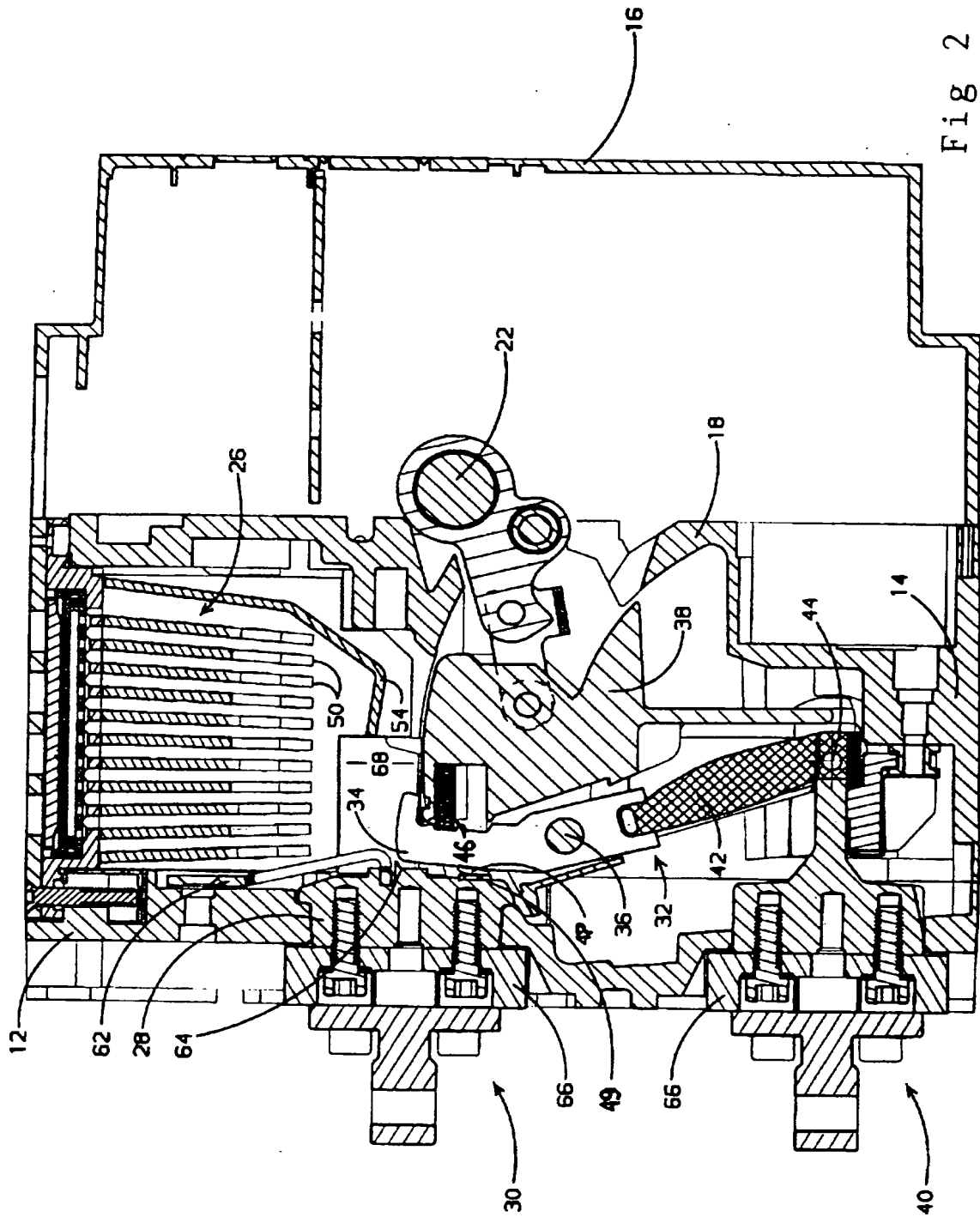


Fig 2

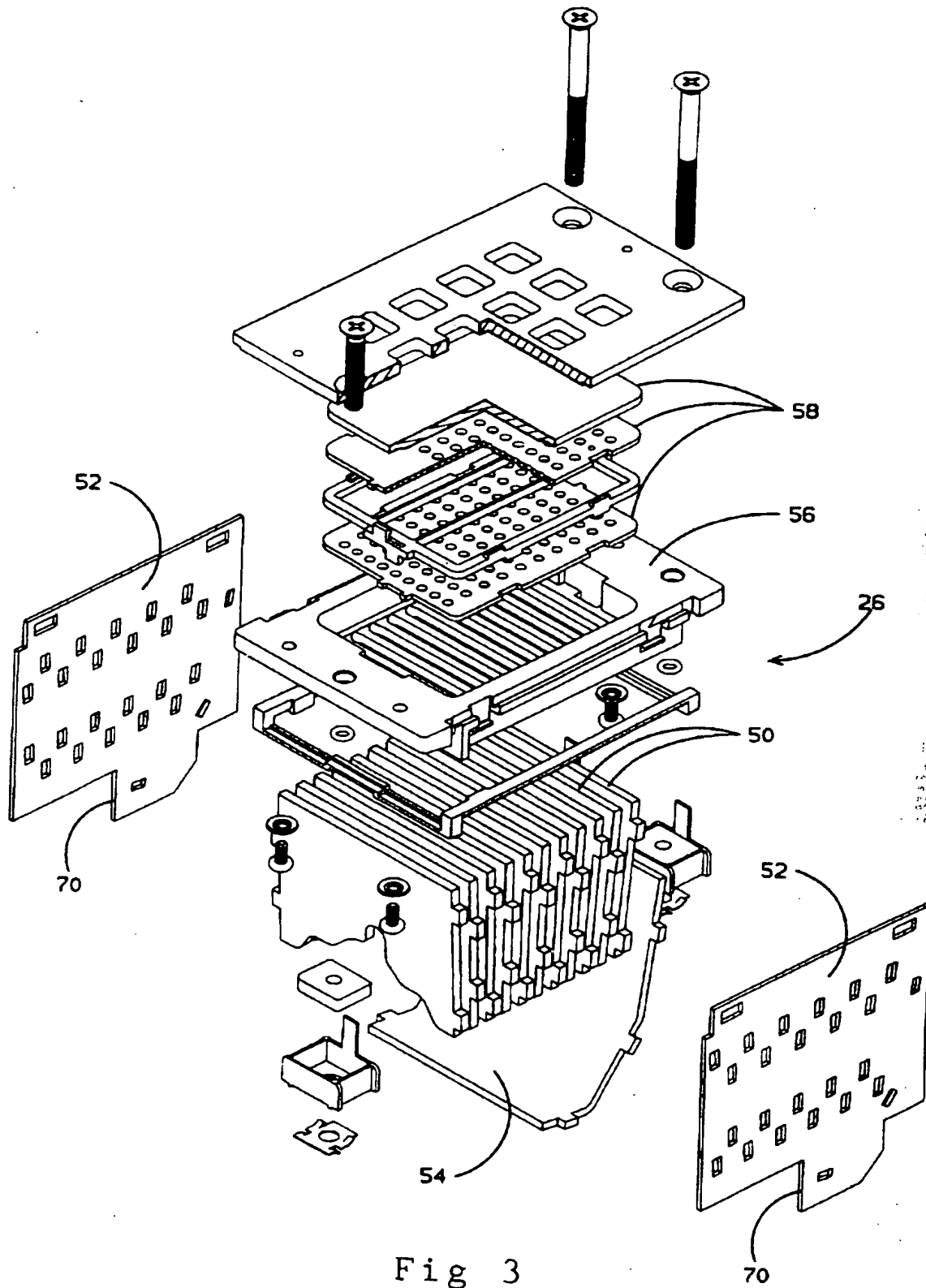


Fig 3

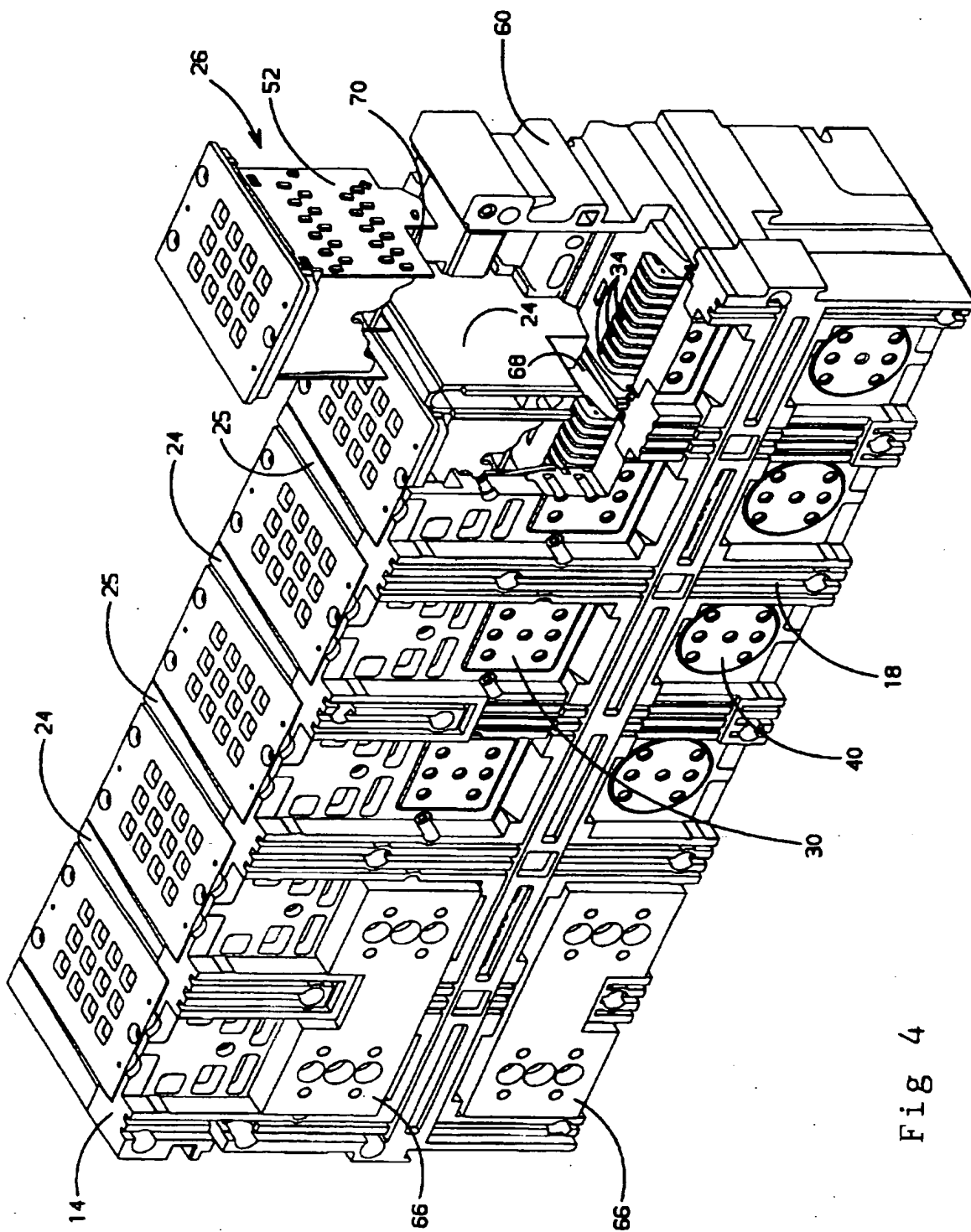


Fig 4

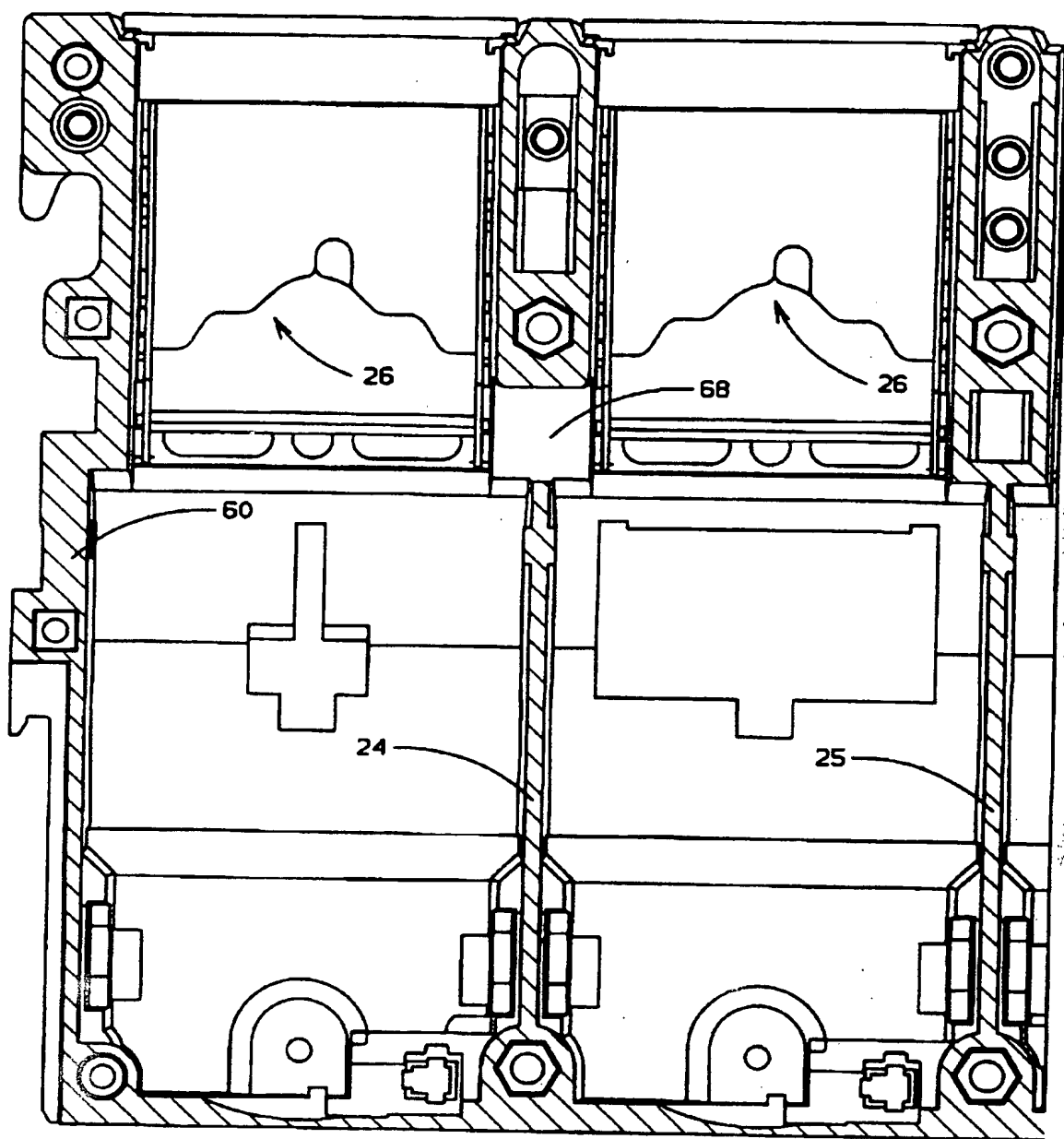


Fig 5

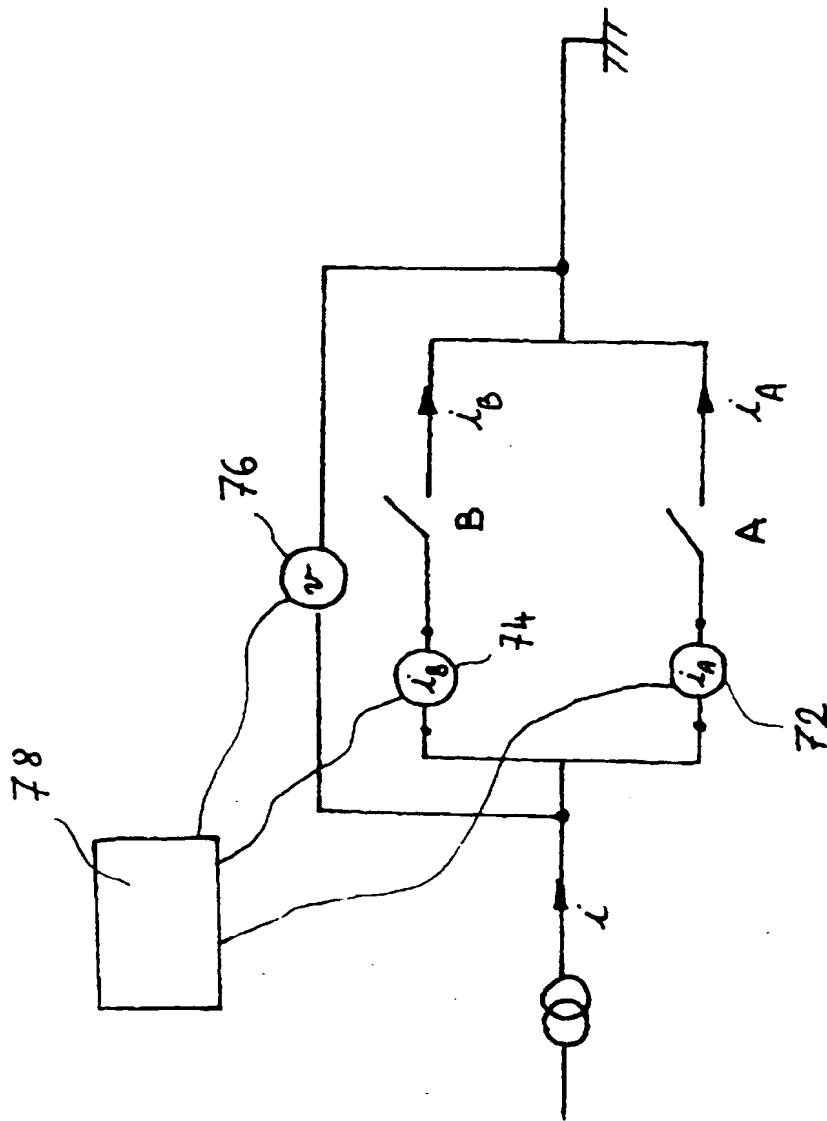


fig. 6

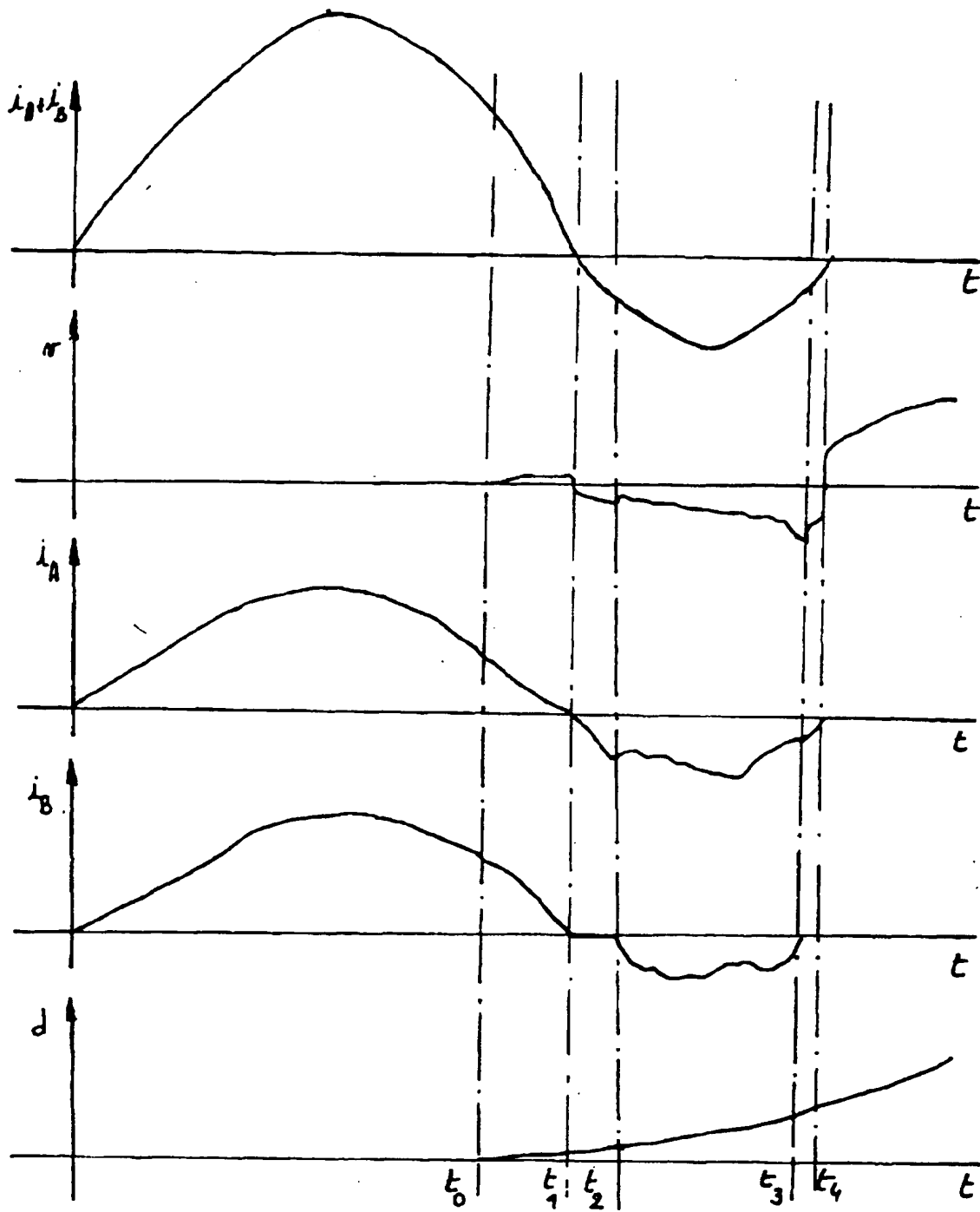


fig. 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 99 41 0042

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Incl. 5)
A	EP 0 322 321 A (MERLIN GERIN) 28 juin 1989 (1989-06-28) * le document en entier *	1-9	H01H71/10 H01H9/40
A	US 4 884 047 A (BAGINSKI PIERRE ET AL) 28 novembre 1989 (1989-11-28) * abrégé; revendications; figures *	1-9	
A	EP 0 437 151 A (MERLIN GERIN) 17 juillet 1991 (1991-07-17) * revendications; figures *	1-9	
A,D	EP 0 320 412 A (MERLIN GERIN) 14 juin 1989 (1989-06-14) * le document en entier *	1-9	
A	DE 35 15 158 A (LINDNER GMBH) 6 novembre 1986 (1986-11-06) *****		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.C1.6)
			H01H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17 août 1999	Examineur DURAND F.C.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03/92 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 41 0042

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-08-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0322321 A	28-06-1989	FR 2624650 A	16-06-1989
		DE 3888140 D	07-04-1994
		DE 3888140 T	04-08-1994
		JP 1251530 A	06-10-1989
		JP 2771199 B	02-07-1998
		US 4958135 A	18-09-1990
US 4884047 A	28-11-1989	FR 2624649 A	16-06-1989
		DE 3878429 A	25-03-1993
		EP 0320412 A	14-06-1989
		JP 1251531 A	06-10-1989
		JP 2708511 B	04-02-1998
EP 0437151 A	17-07-1991	FR 2655770 A	14-06-1991
		DE 69018432 D	11-05-1995
		DE 69018432 T	09-11-1995
		ES 2073005 T	01-08-1995
EP 0320412 A	14-06-1989	FR 2624649 A	16-06-1989
		DE 3878429 A	25-03-1993
		JP 1251531 A	06-10-1989
		JP 2708511 B	04-02-1998
		US 4884047 A	28-11-1989
DE 3515158 A	06-11-1986	GR 861090 A	11-08-1986
		IT 1190330 B	16-02-1988

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USP10)